

JP2002250828A

Publication Title:

OPTICAL SIGNAL PROCESSOR AND OPTICAL SIGNAL PROCESSING METHOD

Abstract:

Abstract of JP 2002250828

(A) PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical signal processor and an optical signal processing method by which the generation of light pulses of 1-10 ps, waveform shaping, waveform measuring, waveform recoding and correlative processing or the like are allowed. SOLUTION: The device is basically composed of an optical waveguide, a first means which equally distributes output light from the optical waveguide and an assembly of the optical waveguide the optical path length of which changes at a fixed interval, and the device is provided with a waveguide array which spectrally diffracted output light, a second means which image-forms light output from the waveguide array and a mirror which receives an incidence of light image formed by the second means and reflects incident light.

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(51)Int.Cl.⁷
G 0 2 B 6/12
H 0 4 B 10/02
10/18

識別記号

F I
G 0 2 B 6/12
H 0 4 B 9/00

F 2 H 0 4 /
M 5 K 0 0 2

-7-2-1-(参考)

(21)出願番号 特願2002-28826(「2002-28826」)
 (22)分割の表示 特願平-238350の分割
 (22)出願日 平成9年9月1日(1997.9.1)

(31)優先権主張番号 特願平-231673
 (32)優先日 平成9年9月2日(1996.9.2)
 (33)優先権主張番号 日本 (JP)
 (31)優先権主張番号 特願平-286955
 (32)優先日 平成8年10月29日(1996.10.29)
 (33)優先権主張番号 日本 (JP)
 (31)優先権主張番号 特願平-43921
 (32)優先日 平成9年2月27日(1997.2.27)
 (33)優先権主張番号 日本 (JP)

審査請求 有 請求項の数66 O.L (全 61 頁)

(71)出願人 000004226
日本電気機器株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 井田 篤之
東京都新宿区内新宿三丁目19番2号 日本
電気機器株式会社内

(73)発明者 關川 隆志
東京都新宿区内新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74)代理人 10007481
弁理士 谷 篤一 (外1名)

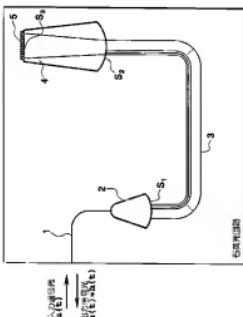
図説文に記載

(54)【発明の名前】光信号処理装置および光信号処理方法

(57)【発明】

【課題】 1～10 p sの光パルスの発生、波形整形、波形測定、波形記録、相間処理等を可能にする光信号処理装置および光信号処理方法を提供する。

【解決手段】 本発明に係る光信号処理装置の基本構成は、光導波路と、前記光導波路の出力光を等分に分離する第1の手段と、光路長が一定間隔で変化する光導波路の集合体からなり、前記出力光を分光する導波路アレイと、前記導波路アレイの光出力を結像する第2の手段と、前記第2の手段により結像した光の入射を受けて該入射光を反射するミラーとを備えたものである。



光信号処理装置

【請求項2】 請求項1.6に記載の光信号処理装置において、前記空間フィルタと反射手段とを兼用して多数の部分ミラーから構成されたバターンミラーとしたことを特徴とする光信号処理装置。

【請求項2.1】 請求項1.6または1.7に記載の光信号処理装置において、前記空間フィルタが位相空間変調素子の機能を兼用する空間フィルタであることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項2.9】 請求項1.6から2.0のいずれかに記載の光信号処理装置において、前記記憶手段のレンズであることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項2.17】 請求項1.6または1.7に記載の光信号処理装置において、前記記憶手段の角点面のスラブ導波路で、スラブ導波路端に位相調整アレイ導波路を具備し、位相調整アレイ導波路が前記空間フィルタに接続されていることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項3】 請求項1.6または1.7に記載の光信号処理装置において、前記空間フィルタと反射手段とを兼用して、前記空間フィルタと反射手段とを別々のスラブ導波路で、スラブ導波路端に位相調整アレイ導波路を具備し、位相調整アレイ導波路が前記空間フィルタに接続される光信号処理装置。

【請求項3.2】 請求項3.0に記載の光信号処理装置において、前記位相調整アレイ導波路の導波路端に位相差が2πの整数倍であることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項3.4】 請求項1.6または1.8に記載の光信号処理装置において、前記記憶手段のスラブ導波路であることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項3.5】 請求項1.6または1.7に記載の光信号処理装置において、前記記憶手段のスラブ導波路で、スラブ導波路端に導波路と垂直方向に光を屈折させる光屈曲手段を具備することを特徴とする光信号処理装置。

【請求項3.9】 請求項1.6または1.7に記載の光信号処理装置において、前記記憶手段が光サーキュレータであることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項3.14】 請求項1.6または1.8に記載の光信号処理装置において、前記記憶手段とスラブ導波路であり、スラブ導波路端に導波路と垂直方向に光を屈折させる光屈曲手段を具備することを特徴とする光信号処理装置。

【請求項3.16】 請求項3.5に記載の光信号処理装置において、前記記憶空間変調器内に1/4波板を具備することを特徴とする光信号処理装置。

【請求項3.7】 請求項3.4に記載の光信号処理装置において、前記記憶空間変調器の底面がワイヤレスマティック型である特徴とする光信号処理装置。

【請求項3.8】 請求項1.6、1.7、2.1から3.7のいずれかに記載の光信号処理装置による光信号処理方法であって、

前記導波路に時系列光信号を入力することにより、前記時系列光信号を導波路ベクトル間に変換し、前記周波数スペクトル側に前記空間フィルタによって所要の位

相または強度または両方の変調を施し、変調された光を合波して新しい時系列光信号を得ることを特徴とする光信号処理方法。

【請求項3.9】 請求項1.6、1.7、2.1から3.7のいずれかに記載の光信号処理装置による光信号処理方法であって、

空間フィルタ特性が所望の時系列光信号の周波数ベクトルに相当するパターンのヒログラム像であり、コヒーレントパルス光を前記光導波路に入射することにより所望の光信号を発生することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項4.0】 請求項1.8、2.1、2.2、2.9、3.3、4.4のいずれかに記載の光信号処理装置による光信号処理方法であって、

光導波路に信号光を入射し、参照光入力用導波路にコヒーレントパルス光の参照光を入射し、記録媒体にヒログラム記録し、参照光入力用導波路に別のコヒーレントパルス光の参照光を入射し、信号光の位相共役光を出力することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項4.1】 請求項1.8、2.0、2.1、2.9のいずれかに記載の光信号処理装置による光信号処理方法であって、

光導波路に信号光を入射し、参照光入力用導波路にコヒーレントパルス光の参照光を入射し、記録媒体にヒログラム記録し、参照光入力用導波路に別のコヒーレントパルス光の参照光を入射し、信号光、あるいは、信号光と参照光の相関光を出力することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項4.2】 請求項2.0、2.1、2.2、2.9のいずれかに記載の光信号処理装置による光信号処理方法であって、

光導波路に信号光を入射し、第1の参照光入力用導波路にコヒーレントパルス光の参照光を入射し、第2の参照光入力用導波路に単色光の参照光を入射し、受光器アレイ上に信号光波形の空間像を形成し、パルス波形を観測することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項4.3】 第3の光増幅器と、

光波長フィルタと、

第1の光導波路と、

導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、

前記第1の光導波路出力光をアレイ導波路に分配する分配手段と、

前記第1のアレイ導波路出力光を結合する第1の結合手段と、

前記第1の結合手段の焦点面近傍に配置された、光の像を変換する空間フィルタと、

前記空間フィルタで変換された光を反射する反射手段と、

前記第1の光導波路から前記反射光を取り出すための光

分岐手段と、

第2の光増幅器とから構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項4-1】 第1の光増幅器と、

光波長フィルタと、

第1の光導路と、

導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、

前記第1の光導波路出力光をアレイ導波路に分配する分配手段と、

前記第1のアレイ導波路出力光を結合する第1の結合手段と、

前記第1の結合手段の焦点面近傍に配置された、光の像を変換する空間フィルタと、

導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第2のアレイ導波路と、

前記空間フィルタで変換された光を前記第2のアレイ導波路に結合する第2の結合手段と、

第2の光導波路と、

前記第2アレイ導波路出力光を合波して前記第2の光導波路に結合する合波手段と、

第2の光増幅器とから構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項4-5】 前記請求項4または4-3に記載の光信号処理装置と、

光源と、

光変調器と、

光変調信号発生回路とから構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項4-6】 前記請求項4または4-3に記載の光信号処理装置と、

光受信器とから構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項4-7】 前記請求項4または4-3に記載の光信号処理装置と、光源と、光変調器と、光変調信号発生回路と、からなる光信号送信回路と、

前記請求項4または4-3に記載の光信号処理装置と、光受信器と、からなる光信号受信回路と、

光伝送路とから構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項4-8】 請求項4-2に記載の光信号処理装置において、

空間フィルタが位相フィルタであり、

相対位相が空間フィルタ上の位置(x)に対して、 $\phi(x) = \text{Mod}[\alpha x^2, \pi]$ (a:定数)を近似した特性を持つことを特徴とする光信号処理装置。

【請求項4-9】 請求項4-2に記載の光信号処理装置において、

空間フィルタが位相フィルタであり、

相対位相が空間フィルタ上の位置(x)に対して、

$\phi(x) = \text{Mod}[\alpha x^2, 2\pi]$ (a:定数)を近似した特性を持つことを特徴とする光信号処理装置。

【請求項5-1】 請求項4-2に記載の光信号処理装置において、

空間フィルタが位相フィルタであり、

相対位相が空間フィルタ上の位置(x)に対して、 $\phi(x) = \pi/2 (x > 0)$ かつ $\phi(x) = 0 (x < 0)$ 、あるいは、

$\phi(x) = 0 (x > 0)$ かつ $\phi(x) = -\pi/2 (x < 0)$ を近似した特性を持つ、強度変調・角度変調変換することを特徴とする光信号処理装置。

【請求項5-2】 請求項4-2に記載の光信号処理装置において、

空間フィルタが位相フィルタであり、

相対位相が空間フィルタ上の位置(x)に対して、 $\phi(x) = \pi (x > 0)$ かつ $\phi(x) = 0 (x < 0)$ 、あるいは、

$\phi(x) = 0 (x > 0)$ かつ $\phi(x) = \pi (x < 0)$ を近似した特性を持つ、強度変調・角度変調変換することを特徴とする光信号処理装置。

【請求項5-3】 請求項4-2から5-0のいずれかに記載の光信号処理装置において、

空間フィルタが、ガラス基板、透明電漿、液晶、液晶配向膜から構成される周波空間変調器であることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項5-4】 請求項4-6に記載の光信号処理装置において、

前記信号送信回路の発生する光信号の周波数スペクトル位相を変調し、

前記光受信回路で前記光ファイバ中の分散と、前記光信号送信回路による周波数スペクトル位相変調を補償することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項5-5】 請求項4-6に記載の光信号処理装置において、

前記信号送信回路で前記光ファイバ中の分散と、前記光信号送信回路による周波数スペクトル位相変調を補償することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項5-6】 請求項4-6に記載の光信号処理装置において、

前記信号送信回路で前記光ファイバ中の分散と、前記光信号送信回路による周波数スペクトル位相変調を補償することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項5-7】 請求項4-6に記載の光信号処理装置において、

前記信号送信回路で前記光ファイバ中の分散と、前記光信号送信回路による周波数スペクトル位相変調を補償することを特徴とする光信号処理方法。

処理方法。

【請求項57】 矩バリス光源と、

第1の光増幅器と、

第1の光波長フィルタと、

前記第1の光波長フィルタの出力光をn(整数)本の光に分岐する第1の分岐手段と、

第1のn台の光変調回路と、

第1のn本の入出力用光導波路と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、

前記第1のn本の入出力用光導波路の光導波路出力光を前記第1のアレイ導波路に分配する第1の分配手段と、前記第1のアレイ導波路出力光を結合する第1の結合手段と、

前記第1の結合手段の焦点面近傍に配置された、光の像を変調する第1の空間フィルタと、

前記第1の空間フィルタで変調された光を反射する第1の反射手段と、

前記第1のn本の入出力用光導波路から前記反射光を取り出すための第2の分岐手段と、

前記n個の第2の分岐手段からの反射光を合波する第1の光合波手段と、

第2の光増幅器と、から構成される第1の光信号処理装置と、

光伝送路と、

第3の光増幅器と、

第2の光波長フィルタと、

前記第2の光波長フィルタの出力光をn(整数)本の光に分岐する第3の分岐手段と、

第2のn本の入出力用光導波路と、

導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第2のアレイ導波路と、

前記第2のn本の入出力用光導波路の光導波路出力光を前記第2のアレイ導波路に分配する第2の分配手段と、前記第2のアレイ導波路出力光を結合する第2の結合手段と、

前記第2の結合手段の焦点面近傍に配置された、光の像を変調する第2の空間フィルタと、

前記第2の空間フィルタで変調された光を反射する第2の反射手段と、

前記第2のn本の入出力用光導波路から前記反射光を取り出すためのn個の第4の分岐手段と、

前記n個の第4の分岐手段からの反射光を受信するn台の光受信器と、

から構成される第2の光信号処理装置とから構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項58】 矩バリス光源と、

第1の光増幅器と、

第1の光波長フィルタと、

前記第1の光波長フィルタの出力光をn(整数)本の光に分岐する第1の分岐手段と、

第1のn台の光変調回路と、

第1のn本の入出力用光導波路と、

導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、

前記第1のn本の入出力用光導波路の光導波路出力光を前記第1のアレイ導波路に分配する第1の分配手段と、前記第1のアレイ導波路出力光を結合する第1の結合手段と、

前記第1のアレイ導波路出力光を結合する第1の結合手段と、

前記第1の結合手段の焦点面近傍に配置された、光の像を変調する第1の空間フィルタと、

導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第2のアレイ導波路と、

前記第1の空間フィルタで変調された光を前記第2のアレイ導波路に結合する第2の結合手段と、前記第1のn本の入出力用光導波路と、

前記第2のアレイ導波路に結合する第1の光合波手段と、

前記第1のn本の入出力用光導波路出力光を結合する第2の光合波手段と、

第2の光増幅器と、から構成される第1の光信号処理装置と、

光伝送路と、

第3の光増幅器と、

第2の光波長フィルタと、

前記第2の光波長フィルタの出力光をn(整数)本の光に分岐する第3の分岐手段と、

第2のn本の入出力用光導波路と、

導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第3のアレイ導波路と、

前記第2のn本の入出力用光導波路の光導波路出力光を前記第3のアレイ導波路に分配する第3の分配手段と、前記第3のアレイ導波路出力光を結合する第3の結合手段と、

前記第3の結合手段の焦点面近傍に配置された、光の像を変調する第3の空間フィルタと、

導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第4のアレイ導波路と、

前記第3の空間フィルタで変調された光を前記第4のアレイ導波路に結合する第4の結合手段と、

前記第4のn本の入出力用光導波路と、

前記第4のアレイ導波路出力光を結合する第2の光合波手段と、前記第2のn本の入出力用光導波路から出力光を受信するn台の光受信器と、

から構成される第2の光信号処理装置とから構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項59】 信号光の時系列光信号を空間信号光に変換する第1の時間一空間変換手段と、

参照光の時系列光信号を空間信号光に変換する第2の時

間一空間変換手段と。

前記第1の時間一空間変換手段及び前記第2の時間一空間変換手段から出力された空間位相光をそれぞれ結像させ、互に干渉させる結像手段と、
前記結像手段の焦点面附近に配置されて前記結像手段に入射した複数の光信号の干渉光後を受光する受光手段と。

前記受光手段の输出信号から前記信号光の時系列信号を復元する光信号復元回路とを具备することを特徴とする光信号処理装置。

【請求項6 0】 請求項5 8に記載の光信号処理装置において、

前記第1および第2の時間一空間変換手段がアレイ複数階格子で構成され、前記結像手段の前記空間位相光をフーリエ変換する機能を有するスカラ複数路で構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項6 1】 請求項5 8に記載の光信号処理装置において、

前記第1および第2の時間一空間変換手段が回折格子で構成され、前記結像手段の前記空間位相光をフーリエ変換する機能を有するスカラ複数路で構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項6 2】 請求項5 8から6 0のいずれかに記載の光信号処理装置において、

前記受光手段がフィトド・オーディオレイで構成されることを特徴とする光信号処理装置。

【請求項6 3】 請求項5 8から6 1のいずれかに記載の光信号処理装置において、

前記光信号復元回路は前記受光手段により検出されたフーリエ変換回路は前記受光手段により復元することを特徴とする光信号処理装置。

【請求項6 4】 未知の信号光の時系列信号を空間信号光に変換する工程と、

既知の参照光の時系列信号光を空間信号光に変換する工程と、

前記信号光の空間信号と前記参照光の空間信号をそれぞれ結像させて、互に干渉させることにより時系列信号の周波数スペクトルに相当するパターンのホログラム像を焦点面に形成させる工程と、

前記ホログラム像を受光して電気信号に変換する工程と、

前記電気信号に変換されたホログラム像から前記未知の信号光を所定の波算式を用いて復元する工程とを有することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項6 5】 請求項3に記載の光信号処理方法において、

前記ホログラム像から前記未知の信号光を復元する工程が、前記焦点面に形成される前記ホログラム像に既知の参照光の電界分布から數字的に導出される再生光の電界

分布を掛け合わせる数学的演算操作と、その後のフーリエ変換操作及び空間一時間変換操作とを有することを特徴とする光信号処理方法。

【請求項6 6】 請求項6 4に記載の光信号処理方法において、

前記ホログラム像に掛け合わせる前記焦点面における再生光の電界分布が、入力した前記既知の参照光の前記焦点面における電界分布の振幅分布の絶対値の2乗で除する因子を含んでることを特徴とする光信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高速の光信号を処理、測定または記憶する方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の光信号処理回路の一例を図1に示す。この回路において、201、205は回折格子、202、204はレンズ、203は空間フィルタあるいは光記憶媒体である。この空間フィルタは時系列信号光を入射すると、回折格子201の周波数分解機能をレンズ202のフーリエ変換機能により、時系列信号光のフーリエ変換、すなわち周波数スペクトル分布空間フィルタ203上に形成される。周波数スペクトル分布空間フィルタ203で変換を加えると、時系列信号光の波形を変調することができる。ここでは、時系列信号が極めて高速である場合にも空間フィルタ203によって波形の制御が可能である。

【0003】 一例として、図2上段に示すバルス幅200 fs、バルス間隔5 p sの光信号を入射した場合、入射光スペクトルは図3上段に示す形態を有しており、回折格子201、レンズ202を透過する空間フィルタ203では図3中段の破線にて示す光記憶媒体を有し、これを空間フィルタ203にて変調すると、空間フィルタ203透過後のスペクトルは図3下段にて示す形態となる。そして、このスペクトルに対応する時系列信号は図2下段にて示すバルス列となる。こうして、光信号の周波数スペクトルを空間フィルタ203にて変調することにより、光信号処理を行なうことができる。つまり、フィルタに対応した各種の波形整形が可能となる。

【0004】 また、図1に示す203を光記憶媒体として、時系列信号光と参照光とを同時に干渉することにより光記憶媒体203上に双方の光の干渉波がホログラム記憶される。記憶値を参照光のみ照射すれば、信号光が再生成されて出力される。このような研究の報告は、例えば、A. M. Weiner, "Programmable shaping of Femtosecond optical pulses by use of 128-Element Liquid Crystal Phase Modulator," IEEE J Quantum Electronics, Vol.28, No.4, pp.908-920(1992); A. Weiner et al., "Optics Letters, vol.17, pp.224-226(1992)がある。

【0009】光通信技術の進歩に従って光伝送に利用される光信号のパワーアップは実用化段階で100ps(1e⁻¹³秒)から100fs(1e⁻¹⁵秒)である。次世代の大容量伝送装置では8~10ps(1e⁻¹²秒)が実用化されることが考えられる。フェルト・秒傾城の光パルスは、安定な光路の研究開発および材料評価に用いることが当面の実用化段階であり、光通信への適用は表面ないものと考えられる。すなわち、1~10psの光パルスの光パルス発生、波形整形、波形選択、波形記憶、相関処理等を可能とする基本的装置、方法が次世代の大容量システムを構成するためには必要となる。

【0010】しかしながら、上述の従来技術では次の問題を有する。すなわち、上述の変換を行うことのある回路はクロラム記録をするにしても、回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。外部回路に対して影響を受けやすくモジュラ化も困難で、いかゆる実験室環境でなければ製作すること不可能に近い。すなわち、実用化が困難である。

【0011】また、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。外部回路に対して影響を受けやすくモジュラ化も困難で、いかゆる実験室環境でなければ製作すること不可能に近い。すなわち、実用化が困難である。

【0012】また、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0013】さらに、例えば10ps以上長い長いパルス列を扱う場合においては、光信号処理の長いパルス列には、人眼ビームを大きくし大型の回路回路やレンズが必要となって装置が大型化せざるを得ない。

【0014】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。外部回路に対して影響を受けやすくモジュラ化も困難である。

【0015】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0016】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0017】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0018】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0019】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0020】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0021】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0022】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0023】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

【0024】従来のパルスモードに對しては、回路回路201等を構成する回路回路201、205、レンズ202、204、空間フィルタ203全てを高精度に位置合わせする必要があります。

1. アレイ導波路回折格子6、光増幅器質6 1とアレイ導波路回折格子6 2を結合するレンズ6 3、光増幅器質6 1の両端面に配置される凹反射ミラー6 4および低反射コートリング6 5、アレイ導波路回折格子6 2の他端面に配置される高反射ミラー6 6により構成される。

【0015】アレイ導波路回折格子6 2は、基板7 0上に、1本の入力導波路7 1と、導波路長差1.7で順次長くなる複数本の導波路からなるアレイ導波路7 3と、複数本の出力導波路7 5と、入力導波路7 1とアレイ導波路7 3とを接続するストップ導波路7 2と、アレイ導波路7 3と出力導波路7 5とを接続するストップ導波路7 4とを形成したものである。

【0016】入力導波路7 1に射入された光は、ストップ導波路7 2で回折によって広がり、その回折面と直角に配置されたアレイ導波路7 3の各導波路に等位相印入射し分配される。アレイ導波路7 3の各導波路を伝搬してストップ導波路7 4に到達した光は、導波路長差1.7に対応する位相差が生じている。この位相差は波長より異なるので、ストップ導波路7 4のレンズ効果でその焦点面(出力導波路7 5の入射端)に結像する際に、波長ごとに異なる位置に結像する。したがって、出力導波路7 5の各導波路に異なる波長の光が取り扱われる。

【0017】このようなアレイ導波路回折格子6 2を用いた従来波長光では、高反射ミラー6 4と高反射ミラー6 6との間に光共振器が形成され、光増幅器質6 1を定常的に励起することにより多種の波長の光を同時に発振させることができる。

【0018】ところが、従来のモードロック型レーザーは次のようないつも問題点がある。

【0019】(1) 発振モード包絡線スペクトルが動作条件で大きめに動く、中心波長およびパルス幅を設定することが困難である。

【0020】(2) 各モードごとの独立と位相を独立に制御することができないので、パルス形状の設計が困難である。

【0021】(3) 非常に多数のモードが発生されるが、共振器内の半導体質材の分散および非線形効果でモード間の相間が不十分となり、トランസフォームリミットの光束パルス列を発生することが困難である。

【0022】また、図5に示すような波長光波は、各モードに対する位相を制御していかないので、モードロックで高繰り返し周波数の光束パルス列を発生させることができない。

【0023】以上説明したように、従来のビコ秒パルスの発生手段には、半導体モードロック型レーザがあるが、光通信用光源として利用するためには、位相、強度が安定であること、中心波長およびパルス幅、パルス形状の設定(設計・製作)が可能であること、トランസフォームリミットにない高品質なパルスを発生することが必要である。しかしながら、現状の半導体モードロックレー

ではこれらの要求を同時に満たすことは困難である。また、図1に示す従来技術を半導体モードロック光源に組み込むことは難めて難しく、研究報告例もない。

【0024】ところで、超高速の伝送装置においては、光ファイバの群速度分散による波形の歪みが伝送距離を制限する第1の問題である。伝送路の分散特性は、躍進成の変化、経時的な変化は波形の変化によって生じる。この分散特性は、また、伝送路の支障切り替えに付随して別の光ファイバに切り替える場合に変化する。あるいは、光ファイバの分散性が無くとも、光源波長やフィルタの特性の変化によって信号光の感受する分散値は変化する。

【0025】一般に用いられている分散の少ない分散シフト光ファイバでも $\pm 1 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ 程度の分散があるので、80 kmの伝送区間では $\pm 80 \text{ ps} / \text{nm}$ の分散となる。 $2.0 \text{ Gbit} / \text{s} \times 80 \text{ ps} / \text{nm}$ の信号光の光帶域は約 1 nm であるので、最大 80 ps 程度のバルスが生じる。ところが、 $2.0 \text{ Gbit} / \text{s}$ 信号のタイムスケルトは 10 ps であるから、多くの符号間干渉が生じて大きな歪みが生じる。このため、伝送路の分散補償(等化)の装置が、超高速の伝送装置では不可欠である。

【0026】従来の技術の一例を図6に示す。ここで、図6中、符号0.1は光増幅器、0.2は光スイッチ、0.3は分散補償ファイバである。

【0027】従来の技術は、光信号を伝送路中の分散と正反対の分散特性を持つ別の光ファイバを通して分散を補償して良好な波形を再構成する。

【0028】分散補償ファイバ(3)の分散特性は、実でできないので、いくつかの分散特性を持つ光ファイバを用意し、伝送路の分散特性の変化に対応して分散を補償するのが一般的である。

【0029】しかしながら、従来の技術には以下のようないかん問題がある。

【0030】(i) 高次の分散の補償が困難である。

【0031】(ii) 分散を補償するために多数の光ファイバを用意する必要がある。特に、超高速の光信号では分散の許容範囲が狭いため、僅かずつ分散特性を持つ光ファイバが必要である。このため、装置が大型化し多量の光スイッチが必要である。

【0032】(iii) 光スイッチによって分散補償ファイバを切り替えるため、切り替えた時に光信号の調制が生じる。

【0033】また、従来の別の技術の一例として、チャーブドファイバブレーティング、多断続されたMZ干渉器の構成があるが、以下のようないかん問題がある。

【0034】(iv) 分散補償の中心波長の削除幅が小さく、補償帯域が狭い。

【0035】超高速の光信号伝送装置においては、光ファイバの自己位相変調による波形の歪みが伝送距離を制限する

第2の問題である。従来の他の一例を図7に示す。ここで、図7中、符号0.4は光増幅器、0.5は高分散ファイバ、0.6は光増幅器、0.7は伝送路、0.8は分散補償回路、0.9は受信装置である。

【0036】この構成では分散補償を前提に手が分散媒体中に光信号を通してバルス幅を広げて自己位相変調を低減する伝送方法である。自己位相変調は、光バルスピーク強度にはほぼ比例して生じるので、バルス幅を広げてピークパワーを下げると、低減することができる。分散は補償して波形を再生できるが、非線形現象である自己位相変調による波形の劣化は、通常の線形の波形等化方法では再生成ることができないので、伝送路でできる限り非線形現象が生じない伝送装置が要求される。

【0037】しかしながら、従来の技術には以下のようないかん問題があった。

【0038】(i) 伝送路中の分散の変化が干渉子測ができるないので、伝送途中で分散が偶然に等化され、自己位相変調が生じて波形の劣化、誤りの増大が起る可能性がある。

【0039】このように、減衰、ビコルスの波形整形(削除ばね分散補償)手段としては、伝送路中の分散と正反対の分散特性を持つ別の光ファイバ、チャーブドファイバブレーティング、多段階緩和されたMZ干渉器がある。しかしながら、高次の分散の補償、可変分散補償、広帯域な補償が困難である。また、図1に示す従来技術では、補償可能な分散量が非常に小さい。例えば、 $2 \text{ ps} / \text{nm}$ の光スケルトに対する $5 \text{ ps} / \text{nm}$ 程度の分散補償しかできない。

【0040】また、上述のような光信号処理装置では、より高品質の光信号の波形を観測することが必要になってきている。

【0041】従来、波形測定・記録手段としては、超高速のO/E変換器あるいは、ストリーラーカメラがある。しかしながら、O/E変換器の帶域は最高5.0 GHzであり $1 \sim 10 \text{ ps}$ の光コヒーリティの測定は不可能である。また、ストリーラーカメラは光通路の波長帯では感度が低いため、單一輝度では十分な S/N が得られず実時間波形が観測できない。図1に示す従来技術を用いた研究報告例はない。従来技術をそのまま適用した場合には、フーリエ変換上面に2次元的に光が分散するなり、特殊な光学系を考慮しないと S/N の高い測定が困難である。

【0042】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、前述のように、 $1 \sim 10 \text{ ps}$ の光バルスの発生、波形整形、波形測定、波形記録、相間測定等を可能にする光信号処理装置および光信号処理方法を提供することにある。

【0043】

【課題を解決するための手段】このような課題に適する本発明に係る光信号処理装置の基本的構成は、光導波路

する。

【0045】また、本発明の光信号処理装置の他の構成は、反射型の空間フィルタと、光路長が一定間隔で変化する光導波路や結合体からなる前記反射アレイと、前記反射型の空間フィルタにコヒーレント光を入射する同時に、前記反射型の空間フィルタで変調された前記コヒーレント光を前記光導波路アレイに射する第1の手段と、前記光導波路アレイの出力光を一点に収束する第2の手段とを備えたことを特徴とする。

【0046】また、本発明の光信号処理装置のさらに他の構成は、透過型の空間フィルタと、光路長が一定時間で変化する光導波路の集合体からなる導波路レイと、前記透過型の空間フィルタにコヒーレント光を入力する第1の手段と、前記透過型の空間フィルタで変換された前記コヒーレント光を前記導波路レイに入射する第2の手段と、前記導波路レイの出力光を一点に収束する第3の手段とを備えたことを特徴とする。

[0047] 本発明の光信号処理方法は、所述路線データと空間フルタを用いる光信号処理装置に、光信号を入力することにより、前記光信号を周波数スペクトル分析に変換し、前記周波数スペクトルが前記空間フルタによって所望の変調を達成し、変調された前記周波数スペクトル像と一緒に光化して新たな光信号を得ることを特徴とする。

[0048] 以上の光信号処理方法において、用いる光信号処理装置は、光信号処理装置を含む。

[0049] また、本発明の光信号処理方法の他の構成は、所述の変換部、所述の周波数スペクトル分析部、所述の空間フルタ、所述の変調部、所述の光化部から成る。

は、導波路アレイと、所産の光信号の周波数スペクトル

に相当とするホログラム像が書き込まれた空間フィルタとを有する光信号処理装置に、コヒーレント光を入力することにより、光信号を発生させることを特徴とする。

【0050】また、本発明実施形態の基本構成の光信号処理部は、遮断部を正しくして、発生する光信号の波形を観測できる装置構成が可能である。

【0051】すなはち、波形遮断部が光信号処理部では、光波路と、導波管長を順次長くなる複数本の光波路からなるアレイ波路と、前記光波路の出力を基に、前記アレイ導波管に分離する配光手配と、前記アレイ波路の出波部に光子結晶を設置した結果と、前記配光手配の焦点直角面に配光された光子が変換する光ファイバと、前記空間アーチルームで変調された光子を反転する手段と、前記光波路遮断部に前記配光手配の反射光を反射する手段により出た光分岐手段とから構成されることを特徴とする。

〔0052〕あるいは、第1の光導波路と、導波路が傾斜角による各部の光導波路からなる第1の光導波路と、前記第1の光導波路の出力を前記第1のフレイド導波路に分配する手段を、前記第1の光導波路の出力を光束を結合する第1の偏光合算器と、前記第1の偏光合算器の焦点近傍に配置して光の飛沫を発生する間隔フィルタと、さらに、準直線が偏光束をくじくする規則性と、規則性からなる第2のフレイド導波路と、前記空間フィルタで吸光した光を規則第2のフレイド導波路に結合する第2の偏光合算器と、第2の導波路と、前記第2のフレイド導波路の出光を波前として前記第2の光導波路に結合する手段を併せて構成されることを特徴とする。

〔0053〕さらに、第1の光導波路と、傍路波長が幅広くなる複数の光波路からなる第1のアレイ導波路と、前記第1の光導波路の出光部前記第1のアレイ導波路と分離する分光手段と、前記入射用開口部と、前記第1の光導波路が幅広くなる複数の光波路からなる第2のアレイ導波路と、前記原光入射用開口部と、前記第1のアレイ導波路の出光部と前記第2のアレイ導波路の出光部と、前記第2のアレイ導波路に分離する第2の分光手段と、前記第1のアレイ導波路の出光部を結合する候手段と、前記結合手段の周囲に配置された光活性部材と、前記第1のアレイ導波路と前記反射部とを接するための光分岐手段とから構成されると特徴を有する。

【0054】また、この形態規制不能な装置の構成は、第1の光導波路と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、前記第1の光導波路の出力部を前記第1のレイ導波路で分配する第1の分配手段と、前記光導入部用導波路と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第3のアレイ導波路と、前記順次光入射用光導波路の出力部を前記第3のアレイ導波路で分配する第2の分配手段と、前記第1のアレイ導波路の出力部と前記第3のアレイ導波路の出力部を前記第1のアレイ導波路と前記第3のアレイ導波路で接続する接続手段と、前記第1のアレイ導波路と前記第3のアレイ導波路で接続する接続手段。

の焦点面直傍に配置された光記憶媒体と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第2のアレイ導波路と、前記光記憶媒体で変調された光を前記第2のアレイ導波路に結合する第2の結合手段と、第2の光導波路と、前記第2のアレイ導波路出力光を合流して前記第2の光導波路に結合する合流手段から構成されることを特徴とする。

【0053】さらに、波形翻訳可能な装置の他の構成は、第1の光導波路と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、前記第1の光導波路の出力光を前記第1のアレイ導波路に分配する第1の分配手段と、第1の参照光入射用光導波路と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第2のアレイ導波路と、前記第1の参照光入射用光導波路の出力光を前記第2のアレイ導波路に分配する第2の分配手段と、第2の参照光入射用光導波路と、前記第1のアレイ導波路の出力光と前記第2のアレイ導波路の出力光と前記第2のアレイ導波路の出力光を結合する第1の結合手段と、前記第1の結合手段の焦点面直傍に配置された光記憶媒体と、前記光記憶媒体で変調された光を結合する第2の結合手段と、前記第2の結合手段の焦点面直傍に配置された受光器アレイとから構成されたことを特徴とする。

【0054】前記变形観測可能な装置において、前記結合手段が円周面を有するスラブ導波路であってもよい。

【0055】同様に、前記結合手段が、スラブ導波路と位相空間変調素子とから構成されている。

【0056】同様に、前記空間フィルタが位相フィルタであってもよく、強度フィルタでも、強度フィルタと位相フィルタを多段に接続した空間フィルタであってもよい。

【0057】同様に、前記位相空間変調素子の焦点距離が前記結合手段のスラブ導波路の焦点距離に等しくてもよい。

【0058】同様に、前記空間フィルタと反射手段とを兼用して多段の部分ミラーから構成されたパターンミラーとしてもよい。

【0059】同様に、前記空間フィルタが位相空間変調素子の機能を兼用する空間フィルタであってもよい。

【0060】同様に、前記結合手段がレンズであってもよい。

【0061】同様に、前記空間フィルタが位相空間変調素子の機能を兼用する空間フィルタであってもよい。

【0062】同様に、前記結合手段がレンズであってもよい。

【0063】同様に、前記結合手段が焦点面のスラブ導波路で、スラブ導波路に位相調整アレイ導波路を具備し、位相調整アレイ導波路が前記空間フィルタに接続されていよい。

【0064】同様に、前記結合手段が焦点面のスラブ導波路で、スラブ導波路に位相調整アレイ導波路を具備し、位相調整アレイ導波路に光変調器アレイを具備してよい。

【0065】同様に、前記位相調整アレイ導波路の波路端の位相差が2 π の整数倍であってもよい。

【0066】同様に、前記光分岐手段が光セラーキュレータであってもよい。

【0067】同様に、前記結合手段がラズベ等距線であり、ラズベ等距線に導波路を垂直方向に光を屈曲させると光屈曲手段を具備してよい。

【0068】同様に、前記空間フィルタが、ガラス基板、透明電析、液晶、液晶配列から成される液晶空間変調器であってもよい。

【0069】同様に、前記液晶空間変調器内に1/4波板を具備してよい。

【0070】同様に、前記液晶空間変調器の液晶がツイストモルティック型であってもよい。

【0071】また、前記波形調節可能な光信号処理装置によく光信号処理法は、前記光導波路に時系列光信号を入力することにより、前記時系列光信号を周波数スペクトルに変換し、前記波形調節手段に位相空間フィルタによって所望の位相または強度または両者の変調を施し、変調された光を合流して新しい時系列光信号を得ることを特徴とする。あるいは、空間フィルタのフィルタ特性が所望の時系列光信号の周波数スペクトルに相当するパターンのホログラムであり、コヒーレントバルス光を前記導波路に入射することにより所望の光信号を発生することを特徴とするものでもよい。さらに、光導波路に信号光を入射し、参照光入力用導波路にコヒーレントバルス光の参照光を入射し、記録媒体にホログラム記録し、参照光入力用導波路に別のコヒーレントバルス光の参照光を入射し、信号光の位相共役光を出力することを特徴とするものでもよい。また、光導波路に信号光を入射し、参照光入力用導波路にコヒーレントバルス光の参照光を入射し、記録媒体にホログラム記録し、参照光入力用導波路に別のコヒーレントバルス光を入射し、信号光、あるいは、信号光と参照光の相間光を出力することを特徴とするものでもよい。さらになにまた、光導波路に信号光を入射し、第1の参照光入力用導波路にコヒーレントバルス光の参照光を入射し、第2の参照光入力用導波路に単色光の参照光を入射し、受光器アレイ上に信号光波路の空間を形成し、バルス波形を観測することを特徴とするものでもよい。

【0072】また、本発明によれば、前述の基本構成の光信号処理装置に基づき、処理する光信号の分散波長を行うことができる光信号処理装置を提供することができる。

【0073】このような分散波長を行うことができる光信号処理装置は、第1の光導波路と、光波長フィルタと、第1の光導波路と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、前記第1の光導波路出力光をアレイ導波路に分配する分配手段と、前記第1のアレイ導波路出力光を結合する第1の結合手段

段と、前記第1の結像手段の焦点面近傍に配置された、光の像を実質する空間フィルタと、前記空間フィルタで変調された光を反射する反射手段と、前記第1の光導波路から前記反射光を取り出すための光分岐手段と、第2の光増幅器とから構成されることを特徴とする。

【0074】この分散補償のできる光信号処理装置の他の構成は、第1の光増幅器と、光成長フィルタと、第1の光導波路と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、前記第1の光導波路出力光をアレイ導波路に分配する分配手段と、前記第1のアレイ導波路出力光を前記第1の結像手段と、前記第1の結像手段の焦点面近傍に配置された、光の像を変調する空間フィルタと、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第2のアレイ導波路と、前記空間フィルタで変調された光を前記第2のアレイ導波路に結合する第2の結像手段と、第2の導波路と、前記第2のアレイ導波路出力光を合波して前記第2の光導波路に結合する反射手段と、第2の光増幅器とから構成されることを特徴とする。

【0075】さらに、前記分散補償型の光信号処理装置と、光源と、光受信器と、光受信部と、光受信部回路とから構成される光信号処理装置も可能である。

【0076】さくにまた、前記分散補償型の光信号処理装置と、光受信部と、から構成される光信号処理装置も可能である。

【0077】同様に、前記分散補償型の光信号処理装置と、光増幅器と、光受信部と、光受信部回路とからなる光信号送信回路と、前記分散補償型の光信号処理装置と、光受信部と、からなる光信号受信回路と、光伝送回路と、から構成される光信号処理装置も可能である。

【0078】同様に、空間フィルタ型の光信号処理装置において、空間フィルタが位相フィルタであり、相対位相が空間フィルタ上の位置(x)に対して、

$\phi(x) = \text{Mod}[(ax^2 + 2\pi), \pi]$ (a: 定数)
を近似した特性を持つてもよい($\text{Mod}[u, v]$ はvを法とする剰余を示す)。

【0079】同様に、空間フィルタが位相フィルタであり、相対位相が空間フィルタ上の位置(x)に対して、

$\phi(x) = -\pi/2 (x > 0)$ かつ $\phi(x) = 0 (x < 0)$ 、あるいは、
 $\phi(x) = 0 (x > 0)$ かつ $\phi(x) = \pi/2 (x < 0)$

を近似した特性を持つ、强度変調-角度変調変換することを特徴としてもよい。

【0081】同様に、空間フィルタが位相フィルタであり、相対位相が空間フィルタ上の位置(x)に対してもよい。

$\phi(x) = \pi (x > 0)$ かつ $\phi(x) = 0 (x < 0)$ 、あるいは、
 $\phi(x) = 0 (x > 0)$ かつ $\phi(x) = -\pi (x < 0)$ を近似した特性を持つ、强度変調-角度変調変換することを特徴としてもよい。

【0082】また、前記分散補償可能光信号処理装置において、空間フィルタが位相フィルタと強度フィルタから構成されててもよい。

【0083】同様に、空間フィルタが、ガラス基板、透明電極、液晶画面から構成される液晶空間変調器であってもよい。

【0084】また、前記分散補償可能光信号処理装置による光信号処理方法は、前記光信号送信回路の発生する光信号の周波数スペクトル強度を変調し、前記受信回路で前記光ファイバ中の分散と、前記光信号送信回路による周波数スペクトル強度変調を補償することを特徴とする。

【0085】光回路信号処理方法の他の構成は、前記光信号送信回路の発生する光信号の周波数スペクトル強度を変調し、前記受信回路で前記光ファイバ中の分散と、前記光信号送信回路による周波数スペクトル強度変調を補償することを特徴とする。

【0086】同様に、他の構成は、前記光信号送信回路

の発生する光信号の周波数スペクトル位相及び周波数スペクトル強度を変調し、前記受信回路で前記光ファイバ中の分散と、前記光信号送信回路による周波数スペクトルの相変調及び周波数スペクトル強度変調を補償することを特徴とする。

【0087】また、分散補償可能な光信号処理装置のさらに他の構成は、短パルス光源と、第1の光増幅器と、第1の光成長フィルタと、前記第1の光成長フィルタの出力光をn(整数)本の光に分岐する第1の分岐手段と、第1のn台の光受信回路と、第1のn本の入出力用光導波路と、導波路長が順次長くなる複数本の光導波路からなる第1のアレイ導波路と、前記第1のn本の入出力用光導波路の光導波路出力光を前記第1のアレイ導波路に分配する第1の分配手段と、前記第1のアレイ導波路出力光を結合する第1の結像手段と、前記第1の結像手段の焦点面近傍に配置された、光の像を変調する第1の空間フィルタと、前記第1の空間フィルタで変調された光を反射する第1の反射手段と、前記第1のn本の入出力用光導波路から自記反射光を取り出すための第2の光分岐手段と、前記n台の第2の光分岐手段からの反射光を合波する第1の光合波手段と、第2の光増幅器と、から構成される第1の光信号処理装置と、光伝送路と、第3の光増幅器と、第2の光成長フィルタと、前記第2

号処理装置とから構成されることを特徴とする。

【0089】また、前述の本発明の基本構成の光信号処理装置に基づいて、処理する光信号の波形を実時間で観測することのできる光信号処理装置を提供することができる。

【0090】そのような波形観測可能な光信号埋設装置は、信号光の時間的光信号と空間的光信号を変換する第1の時間・空間変換手段と、参照光の時間的光信号と空間的光信号を変換する第2の時間・空間変換手段と、前記第1の時間・空間変換手段及び前記第2の時間・空間変換手段からそれぞれ放出された空間信号光をそれを結ぶさせ、互いに干渉する結果手段と、前記干渉手段の位置面積に配置されて前記干渉手段に投入して複数の光信号の干涉光波を受光する受光手段と、前記受光手段の複数の出光信号から前記干渉手段の時系列信号を復元する光信号復元手段とを具備することを特徴とする。

【0091】この波形観測可能な光信号処理装置において

て、前記第1および第2の時間一空間変換手段がアレイ

導波路格子で精成され、前記結像手段が前記空間信号光をフーリエ変換する機能を有するスラブ導波路で精成されてもよい。

【0092】同様に、前記波形観測可能な光信号処理装置

置において、前記第1および第2の時間一空間変換手段

が回折格子で構成され、前記結像手段が前記空間信号光子束の二束の束縛光子束を重ね合わせることによる。

【0093】同様に、前記波形観測可能な光信号処理装置において、前記受光手段がフォトダイオードアレイで

構成されてもよい。

【0094】同様に、前記波形観測可能な光信号処理装置において、前記光信号復元回路は前記受光手段により検出されたフーリエ変換ホログラムの電界強度分布か

ら、入射した前記信号光の光パルスの電界分布を演算処

【0095】前記波形観測可能な光信号処理装置による信号処理方法は、未知の信号光の時系列光信号を空間信

号光に変換させる工程と、既知の参照光の時系列光信号を空間信号光に変換させる工程と、前記信号光の空間信号と前記参照光の空間信号をそれぞれ結像させて、互い

に干渉させることにより時系列信号の周波数スペクトルに相当するパターンのホログラム像を焦点面に形成させる工程と、前記ホログラム像を受光して電気信号に変換

の仕組み、前記ホログラム像を変換して電気信号に変換させる工程と、前記電気信号に変換されたホログラム像から前記未知数の信号光を所定の演算式を用いて復元する工程とを有することを特徴とする。

【0096】この光信号処理方法において、前記ホログラム像から前記朱記号の信号光を復元する工程が、前記朱記号面に貼付された複数個のビームを個別に照射する工程と有する。

点間に形成される前記手引グラム体に就きの参照光の電界分布から數学的に導出される再生光の電界分布を掛け合わせる數学的演算操作と、その後のフーリエ変換操作及び空間一時間変換操作とを有してもよい。

【0097】さらに、この信号処理方法において、前記ホログラム像に掛け合わせる前記焦点面における再生光の電界分布が、入力した前記複数の参考光の前記焦点面における電界分布の振幅分布の絶対値の2乗で除する因子を含んでよい。

【0098】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明するが、本発明は以下の実施形態例に限定されるものではない。

(実施形態例1) 本発明の第1の実施形態例に係る光信号の処理を行う方法とその構成を、図8を参照して説明する。

【0099】図8に示すように、入射光信号 $u(t)$ は、石英複数路1に射入した後、スター・カッフルによって、本体の導波路アレイ3に分岐される。導波路アレイ3は、入射光 S_1 と出射光 S_2 の間にそれぞれが同じ光路差をを持つように設定されている。ここで、 S_1 は石英複数路1の導波路アレイ3への入射端を中心とする円周上にあり、 S_2 は S_1 の中心を中心とする円周上に配置した場合に最も高性能な分光性能を示す。

【0100】そのため、導波路アレイ3から複数路4への出射端において、それぞれの光束 μ は同じ位相 α (=導波路の偏振角)を持つなり、回折格子と同様な分散鏡を持つことが知られている(例えば、H. Takashiki et al., IEEE Lightwave Tech. Vol.12 (No.6), pp. 989-995(1990); M. K. Sait Lightwave Lett. vol.13, pp. 385-386 (1988); C. Dragone et al., IEEE Photon. Technol. Lett., vol.3, pp. 896-899 (1991)。

【0101】従来、このような導波路アレイ2、3、4は、波長選択光伝送における光分波器としての使用がよく知られている。

【0102】本発明者らは、導波路アレイ3に時系列的な光信号を入射したとき、この光信号の時間波数ベクトルがレンズを用いなくても空間的位相として形成できることを見出した。さらに、本発明者らは、高分解能な導波路アレイ設計法を見出し、この原理に基づく光信号処理への応用を考察した。

【0103】すなわち、導波路アレイを用いれば、スラブ導波路4の焦点面 S_3 においては、入射光信号のフーリエ変換 $U(t)$ を空間的に結像することができる。

【0104】周波数分解能は、m次の回折角を用いたとき、 N に比例することを見出した。ただし、 N は、導波路アレイ3の導波路の数である。したがって、 m を大きくすれば、周波数分解能がNに比例する通常の回折格子に比較して、大きな分解能を得ることができる。この指針にしたがって最適に設計すれば、初めて光分解能の高い導波路アレイを得ることができ、高速で長い光パルス列のスペクトル分解が可能となる。

【0105】以上のような高分解能の導波路アレイの焦点面 S_3 に反射型の空間フィルタを設置してやると、この空間フィルタの空間周波数波数のパターンを日(イ)とすれば、 $U(v)H(v)$ の光パターンが反射されて、アライ導波路3、スター・カッフル2を戻り、石英複数路1から射出される。

【0106】このときの出力光信号は、 $u(t)*h(t)$ となる。ここで、*は、2つの信号のコンボリューションを表す。

【0107】すなわち、任意の空間フィルタを置くことにより、入射信号光の周波数領域での処理を行うことができる。外部と石英複数路1との入出力は、例えば、カーブラのついた光ファイバを用いて行う。

【0108】図8の構成において、焦点面 S_3 は、 S_2 の中心を中心とする円周上にるので、空間フィルタが平面である場合、一般に出力波形に歪みが生じる。この歪みは中心周波数に対して2次調諧的に位相が変化すると、近似されないので、本構造は2次調諧性を持っていますと、近似的に言いまして、これを補正するには、入射光あるいは出射光を構成する波の符号 \pm 大きさの等しい分散鏡質を通過させればよい。また、あるいは空間フィルタを分散鏡を補償する効果を含めて設計すればよい。

【0109】この方法の具体的な応用として、光信号 $u(t)$ が何らかの状態、例えば、長距離の光ファイバ通信回線において、 $f(t)=u(t)*h(t)$ のような歪みを受け場合を考える。

【0110】この歪みの信号 $f(t)$ を元の信号 $u(t)$ に戻すために、図9に示すよう光信号処理装置を用いることができる。光信号処理の原理を示した図8では反射型が構成としたが、この図9に示す装置では、透過型とした。

【0111】図9に示すように、何らかの歪みを持つ光信号 $f(t)$ が光コネクタ6を介して光ファイバ7から石英複数路8に入射する。

【0112】石英複数路8は、図10に示すように、導波路1、3、スター・カッフル10、14、導波路アレイ11、15およびスラブ導波路12、16が、空間フィルタ17に対して、左右対称に配置されたものである。

【0113】導波路アレイ11、15には、偏光依存性をなくすために、必要に応じて、途中に、半波長板18、19が設置される。

【0114】入射光信号は、導波路9を伝播した後、スター・カッフル10により導波路アレイ11に入射し、スラブ導波路12内の焦点面 S_5 にフーリエ変換 $F(v)=U(v)H(v)$ を結像する。

【0115】ここで、空間フィルタ17としては、次のようないずれかのものに焦点面に置くと、信号との積により、 $U(v)$ となる。

【0116】 $(v) / (H \cdot v)^2$

これがスラブ導波路16、導波路アレイ15、スタークップアレイ14を通ると、逆フーリエ変換された復元された光信号u(v)を3から取出せる。強度的に減衰が大きい場合には、光増幅器19を通して光コクタ6により外部に出される。

【0117】ここで、空間フィルタ17は、固定パターンでも書き換える可能なパターンでよい。固定パターンの場合には、カラス基板などの基板上に表面などにより所定の位相や通過率のパターンを形成したものを設置すればよい。また、書き換える可能なパターンとしては、液晶や半導体からなる光変調器を空間フィルタとして用い、空間フィルタ制御装置20から出力される電圧により、光変調器上の各ビクセルの位相や透過率を制する。

【0118】実際に、図10の構成の光回路を用い、ガラス基板上に作られた固定パターンの空間フィルタにより、半リバース鏡、2 p.s.、周囲0.5 p.s.、パス数100個の導波路1500 nmの光パルス列の走査の整形が可能であることを確認した。

(実施形態例2) 本実施例の第2の実施形態例に係る光パルスを発生する方法とその構成について、図11を参照して説明する。

【0119】本実施形態例は、反射型の計算機ホログラム(CGH)21を魚眼面S₂に設置したものである。この計算機ホログラム21は、例えば、ある光パルス列u(t)のフーリエ変換U(v)が導波路波長バーンとして書かれていた。

【0120】したがって、読み出し光を導波路22からスラブ導波路23へ入射すれば、ホログラムから反射した光パルス列u(t)はスラブ導波路23、導波路アレイ24、スタークップアレイ25の順に伝搬し、実施形態例1で述べた通りに計算機ホログラム21に入射して、導波路26から光パルス列u(t)が射出される。

【0121】この実施形態例では、單なる光パルスを読み出し光として射出するだけでなく、計算機ホログラム21に書かれた任意の光パルス列を発生することができる。

【0122】なお、本実施形態例の実施形態例として、例えば、図12に示すように、導波路411、スタークップアレイ422を介して、読み出し光も導波路アレイ433に入射してフーリエ変換機として計算機ホログラム21に入射してもよい。ただし、読み出し光は、短いパルスとすればよい。

【0123】また、本実施形態例の他の実施形態として、例えば、図13に示すように、透過程の計算機ホログラム31を用いることができる。すなわち、導波路アレイ32と反射型の導波路33からスラブ導波路34へ読み出し光を入射すると、ホログラムを透過した光パルスu(v)は、スラブ導波路35、導波路アレイ32、スタークップアレイ36の順に伝搬し、上記と同様に逆フーリエ

変換されて、光導波路37から光パルス列u(v)が射出される。

【0124】実際に、図11の構成の光回路を用い、半リバース鏡、2 p.s.、周囲0.5 p.s.、パス数100個の導波路1500 nmの光パルス列の発生を確認した。

(実施形態例3) 本実施例の第3の実施形態例に係る光パルスを時短する方法と構成について、図14を参照して説明する。本実施形態例では、感光性の光記録媒体51を焦点面S₃に設置する。

【0125】図14に示すように、入光信号u(t)は、外部から差コクタ24により装置に導入され、光増幅器53で增幅される。次に、光カッタ24により信号用と参照用の光に分けられ、信号光はそのまま石英光路55に入射する。

【0126】石英光路55において、図15(A)に示すように、信号光は、導波路56に入射した後、スタークップアレイによって導波路アレイ58に分岐され。

【0127】それぞの導波路アレイ58からの射出した光は、スラブ導波路59を伝搬し、魚眼面S₃において、入射光信号のフーリエ変換U(v)を空間的に結使する。

【0128】一方、信号光から分岐した参照光の光は、光カッタ24により分けられ、光変調器60を通過した後、石英光路55に射出され、図15(A)に示すように、参照用導波路61を通り、スラブ導波路59へ入射する。

【0129】図15(A)に示すスタークップアレイの拡大図を図15(B)に示す。ここで、導波路アレイ58の入射導波路端面は円周上に配置されるが、参照用導波路61からスタークップアレイへの射端を中心とする円周上、あるいは導波路59からスタークップアレイへの入射端を中心とする円周上のいずれかに配置される。通常は、各々の円周上に配置される導波路端は、ほぼ等しく設定される。

【0130】その結果、参照光と信号光との干渉により光記録媒体51上にU(v)がホログラムとして記録される。

【0131】その後、参照光と同一波長の光を読み出し光として導波路W2から入射すれば、ホログラムに記録されたU(v)が読み出され、スラブ導波路59、導波路アレイ58、スタークップアレイ7の順に伝搬する間に逆フーリエ変換されて導波路56からびびる列u(t)が射出される。

【0132】なお、ここでは、光変調器60は、参照光あるいは読み出し光のための光パルスを信号光の一部から切り出す装置を兼ねた。

【0133】このような原理により、光パルス列の記憶がなされる。

【0134】また、本実施形態例では、反射型の構成で示したが、ホログラムの反射側に読み出し用の導波路を設けて透型型のホログラムを用いた構成も可能である。さらに、図12と同様に参照光および読み出し光を導波路アレイを通して入射する構成も可能である。

【0135】光記憶媒体51としては、例えば、導体の多重層アレイン成膜のフォトリフレクティブ素子、感光膜などを用いることができる。

【0136】また、参照光用導波路を複数設け、それぞれの参照光に対して多枚の光パズルのパターンをホログラム上に多枚に記録することも可能である。

【0137】なお、焦点面にホログラム媒体のかわりに光センサアレイを置き、参照光を導入せば信号光のみを導入すれば、信号光のワープスベクトルの観察もできる。

【実施形態例4】図8の構成を用いて、導波路アレイの本数Nを340、回折次数mを59とした。入射光は、C'r'YAGレーザーの出射を波長アレイによって、帯域制限を行い、中心波長1.549 nm、スペクトル幅2.3 nm、ナロス幅1.1 psのパルスを生成して用いた。

【0138】以上のような構成で光信号発生を行った場合の、入射光のパルス波形を図16に示した。フィルタとして、焦点面にそれぞれ1.20 GHz、2.40 GHzのナロス用の反射型透型フィルタを設けて処理した場合の出射波形を図17および図18に示す。図17および図18によれば、本発明の光信号処理装置および光信号処理方法が設計通りに機能していることが確認された。

【0139】また、図19に導波路アレイを用いた場合と、従来の回折子とレンズを用いた場合において、取り扱うパルス幅と処理可能な最大パルス数との関係を示す。

【0140】本発明の第1の効果は、信号処理能力(処理可能ナロス数)が原則的に高いことである。図18から明らかのように、本発明の構成は従来構成に比較して処理可能なナロス数が長く、回折次数(m)を変えて処理する光パルスのナロス幅に合わせた設計が可能である。次式を用いて、処理可能最大ナロス数(丁₀)および最小ナロス幅(τ)を示すと以下のようになる。

【0141】

【数1】

$$\frac{mN}{2\tau} = \frac{mN}{2\tau_0}$$

【0142】(ただし、従来技術においてはm=1、τ₀：中心周波数、N：導波路数、従来技術においては光ビームの照射されている回折子本数)

【0143】

【数2】

$$\alpha \equiv \frac{2D_d}{v_1 H_d} \alpha$$

【0144】(従来技術、d：回折格子の清間隔、ι₀：中心波長、f₁：レンズ焦点距離、H：フィルタ寸法、α：定数(通常0.3～0.4、パルス形状による))

【0145】

【数3】

$$\epsilon = \frac{m}{2\tau_0} \alpha \quad (\text{本発明})$$

【0146】本発明を用いて分散補償等を行う場合、異常能力は異常能力(ナロス数)に比例する。すなはち、発明の構成は、おおよそ従来技術に比較して1/10の能力を持つ。

【0147】第2の効果は、装置の小型化が可能であることである。従来技術においては図1からわかるように全长4倍の大きさにならざるを得ないが、レンズの部が少ないので条件にすると図18の性能を得るために少なくともf=1.0 cm以上、口径1.0 cm以上が必要であり、全長は6.0～7.0 cm程度の範囲で、高さが3.0 cm程度の大きさになる。さもなくとも光ファイバ出力光系を含めると非常に大きな装置となり、光通路装置に搭載することは不可能である。ところが、本発明では光路網を平面内で屈曲させて配置できることおよび空気中でも導波路材料の方が屈折率が低いことから小型化され、図19の性能を得るために1.0～1.5 cm程度の石英基板で製作可能である。半導体導波路であれば、寸法は5～7 cm程度になる。

【0148】第3の効果は、その他の回路との集積化が可能になることである。例えば光増幅器を内蔵し、損失のない光信号処理が可能となる。

【0149】ビコ秒ナロスの発生手段に適用した場合の効果は、共振器内の分散補償により容易にトランസフォーメーションに近いナロス列を発生することができるること、各モードの制御によりナロス形状を設計できることである。

【0150】分散補償回路に適用した場合の効果は、高次の分散の補償、可変分散補償、高靈敏な補償が可能となる。また、2 psのナロス列の光パルスに対しては1.00 ps/nm程度の補償まで可能である。また、キノフォーム(フレネルレンズ)をスラブ導波路とフィルタ/ミラー間に配置して、歪みのない波形整形が可能である。

【0151】伝送装置に適用した場合の効果は、伝送路の分散の変化に追従した分散補償が可能であること、自己检测測定による伝送波形劣化を低減したシステムの構成が可能であること、強度変調-角度変調回路が容易に構成できることである。

【実施形態例5】図20は、本発明の第5の実施形態例を示すものである。この実施形態例の構成では、石英基板101上に、光導波路104の出射光を分配する第1のスラブ導波路105、導波路長を順次具した後段本

の光導波路にて形成されステップ導波路 10 5 の分配光の光路長を異なして位相差を生じしめ分光するアレイ導波路 10 6、凹円周面を有してレンズ配光を有する第 2 のステップ導波路 10 7 が集積化されて実現されている。200 はアレイ導波路回折格子である。

【0152】石英基板 10 1 への光入射側には光ファイバ 10 3 を介して信号光が入射されるが、この光ファイバ 10 3 の途中には炭化物光を取り出すための光サーキュレータ 10 2 が介在している。この場合、光ファイバカッターによっても同じ機能を有して使用可能であるが、過損失が最低 0.1 dB は生じる。

【0153】他に石英基板 10 1 の光出力側には、フレネルレンズ 10 8 やキノフォームに代表される光柵空間調制素子、空間フィルタ 10 9、反射段階であるミラー 10 10 が存在する。

【0154】図 2 は、石英基板 10 1 に備えられる位相差空間調制素子であるフレネルレンズ 10 8 や空間フィルタ 10 9 等の拡大図である。図 2 1 (A) の中に石英基板 1 1 に形成されるよにしてフレネルレンズ (キノフォーム) 10 8、保持基板 1 1 3、空間フィルタ 10 9、ミラー 10 10 が設けられ、フレネルレンズ (キノフォーム) 10 8 の表面および空間フィルタ 10 9 の表面に低反射率ミラー 1 1 2 が接着形成されている。この場合、フレネルレンズ (キノフォーム) 10 8 の断面形状は、図 2 1 (B) に示すように、等高部分が環状形をなすように形成され、短軸方向の断面にはレンズ前面とスラブ導波路 10 7 の頂面との光路距離を焦点距離とするようし、長軸方向の曲率半径スラブ導波路 10 7 の焦点距離と等しくしており、動作段階にて透明材料をエッチングにより製作することができます。なお、上記フレネルレンズ 10 8 の構造およびその製作方法については、既に特許願例において詳しく説明する。

【0155】フレネルレンズよりも、複数が厚くなるが、感度なし非導波レンズ等を薄膜をエッチングして製作して、フレネルレンズ 10 8 の代わりに用いても良い。製作方法は、フレネルレンズと同様である。

【0156】図 2 0、図 2 1 に示す構成に係る機能は、図 1 に示す従来の構成での機能と本質的に通過であり、従来技術にて問題の一つとなっていた大型化に関しては、例によれば空間隔 5 0 p s、パルス間 2 p s の繰り返し信号 (図 2 2 上段) の発生をとすると、例えば少なくとも 1 5 mm 以上のビーム径の光学系が必要であり、レンズの有効径を考慮すると 5 0 × 1 0 0 cm の大きさの装置を要することに抵觸する。これに対して本例では石英導波路にて最大約 1 0 mm の光路差を設ければよいので、5 0 × 5 cm 程度の基板上に集積化することができ、大きさに格別の差が生ずる。

【0157】第 1 のステップ導波路 10 5、アレイ導波路 10 6、第 2 のスラブ導波路 10 7 は、石英基板上に集積化されるのであるが、このうちアレイ導波路 10 6

は、開拓する各種波路をもすつ導波路長を異ならしめ、導波路に屈折率をもととし開拓する導波路は△の光路差を有することになる。すなわち、アレイ導波路 10 6 は折格子と同様の波機能を有する。

【0158】アレイ導波路 10 6 の出射端は、半径 1 の凹円周に形成されて第 2 のステップ導波路 10 7 に接続されており、この第 2 のステップ導波路 10 7 は焦点距離△のレンズとして機能する。すなわち、レンズの場合、光軸近傍にてレンズの両側の焦点距離に伴うフーリエ変換機能を有するが、第 2 のステップ導波路 10 7 にしてもアレイ導波路 10 6 の出射側の 1 次元フーリエ変換機能を有する。なお、第 2 のステップ導波路 10 7 の优点は、この第 2 のステップ導波路 10 7 の光路差にて凹円周面上に位置することになるので、出射側にフレネルレンズ (キノフォーム) 10 8 を備えて焦点面が平面となるようにしている。なお、フレネルレンズ (キノフォーム) 10 8 の導波路面上の焦点距離は上述の△に等しく設定され、低反射コーティング 1 1 2 を介して反射をかける空間フィルタ 10 9、反射のためのミラー 1 1 0 の配置は、図 2 1 (A) に示すとおりであるが、フレネルレンズ (キノフォーム) 10 8 および空間フィルタ 10 9 (位相差フィルタの場合) は、動作波長にて透明材料をエッチングして段差を形成して製作でき、また、電子ビームの直接描線により感光材料に対する露光量を調節することにより、露光量に逆比例して現像され、露光量が決まるので、所望の形状を製作できる。また、感光材料をマスクとして基板をエッチングし、基板の形状を加工し、フレネルレンズ 10 8 および空間フィルタ 10 9 を製作することも可能である。また、強度フィルタの場合には吸収率を無限にエッチングし、ラインベース比を調節することにより製作できる。なお、位相差フィルタによる強度フィルタにおける前者は露光上難しいという面があり、後者は損失が大きいという面があるの、目的に応じて使い分け、あるいは両者を備えるようすればよい。

【0159】図 2 2 上段はパルス間隔 0 p s、パルス幅 2 p s の繰り返し信号である入射パルス波形を示す。この入射信号は図 2 0 に示すサーキュレータ 1 0 2 を通過し、光導波路 1 0 4 に射入し、第 1 のステップ導波路 1 0 5 にてアレイ導波路 1 0 6 の各導波路に分離される。ついで、アレイ導波路 1 0 6 にて光路長差に基づき分離され、第 2 のステップ導波路 1 0 7 にてフーリエ変換が行われ、フレネルレンズ (キノフォーム) 10 8 を介して空間フィルタ (ここでは位相差フィルタ) 1 0 9 にて位相差を受け、ミラー 1 1 0 にて反射されて戻り、第 2 のフーリエ変換され光サーキュレータ 1 0 2 から出力光として取出される。図 2 2 下段は出射光波形を示すパルスの繰り返し信号をとっている。

【0160】この場合、空間フィルタ 1 0 9 は図 2 3 中段に示す相対相位の位置依存性を有する。

【0161】処理される光パルスのバルス幅をもつ、
中心周波数を v_0 とすると、バルス内でn回光振幅が
翻動する。

【0162】 $n = v_0 \cdot t$;
このとき、位相変化d/2π式を満たす場合、

$$n \geq d/2\pi$$

位相変化を

$$d' = \text{Mod}[d, 2\pi]$$

と近似しても良い(ただし、 $[u, v]$ は、 v を法とする剰余)。

【0163】すなわち、反射型の構成では、位相フィルタを光の2回通過するので、最大 π の位相変化でフィルタを製作可能である。

【0164】また、透過型の場合は、位相変化を $d = \text{Mod}[d, \pi]$ と近似してもよく、最大 2π の位相変化でフィルタを製作可能である。

【0165】もちろん、厚膜が厚くなるが、必要な位相変動量が得られる位相フィルタを用いて良いことは言うまでもない。

【0166】図4-3上段は入射信号の周波数スペクトルを示し、図4-3下段は空港フィルタ107で通過後の信号光の周波数スペクトルを示す。なお、図4-3下段は位相変動のみでありペクトル変化はない。

【0167】このようにして時系列波形の変調を行うことができる。

【0168】次式によりこの変調を表現すれば、入射信号光を $u(t)$ 、フィルタの透過関数(往復)を $h(x)$ とし、 x を時間、 x をフィルタ上での構造位置とする。周波数スペクトルはこのフーリエ変換を用いて $U(v(x))$ と表わされる。ここで $v(x)$ はフィルタの繰り返し構造に係る周波数を示す。

【0169】フィルタ通過後のスペクトルは、 $S(v(x)) = U(v(x)) \cdot h(x)$ となる。そして出射光の波形は、逆フーリエ変換が使われ $s(t) = u(t) \cdot h(t)$ となる。ここで、 s は読み込み部分を示す。

【0170】図2-2に示すようにバルスの繰り返し周波数は5倍となっており、位相フィルタで同じパターンの繰り返しで構成されるが、パターンを $g(x)$ 、繰り返し周期を τ 、 (x_1) とすれば、バルスの繰り返し周期はその逆数 $1/\tau$ 、 (x_1) となる。

【0171】また、一般には周期内のバルス強度は異なり、バルス強度を揃えるためには、各パターンを順次列に従って2倍の位相とすれば良く、例えば繰り返し周期を15部分に分割して各位相を $(\pi, 0, 0, 0, \pi, 0, 0, \pi, \pi, 0, \pi, 0, \pi, \pi, \pi)$ とすればよい。

【0172】所望の波形を $s(t)$ 、そのフーリエ変換を $S(v(x))$ とすれば $s(t) = S(v(x)) / U(v(x))$ でわざわざ繰り返し周波数を持つフィルタに

て所望の波形を得ることができる。

【0173】図2-4は、図2-0、図2-1の構成(実施形態例4)上の波形例を示しており、図2-4(A)は前述した空間フィルタ109について位相フィルタ109aと強度フィルタ109bとを反対配置した例を示しており、位相と強度とのいずれか一方の構成とは異なり双方の構成によって光信号処理範囲が広がるという効果を有する。

【0174】図2-4(B)は図2-1と構成は同じであるが、フレネルレンズ(キノフォーム)108及びフィルタ上面上取付けられた例を示しており、製作は容易となる。ただし、フレネルレンズ(キノフォーム)108の焦点距離はラップ港路107の屈折率を $n = 3$ とすると $\pi/n\pi$ としなければならない。

【0175】図2-4(C)は、図2-1に示すミラー1-1と強度フィルタ109とを組合したバーナミラー1-1Aを形成した例を示しており、製作が簡単となる。

【0176】図2-4(D)は、スラブ光波路107やフレネルレンズ(キノフォーム)108の代わりに、この部分のレンズ110を備えた例を示しており、形状は若干大型とする角度の高いワーリエ変換が可能である。

【0177】また図2-4(E)は、フレネルレンズ108と空間フィルタ(位相フィルタ)109との構成を兼ねる位相フィルタ116を備えた例を示しており、設計は煩雑となるが、製作は容易となる。

【0178】本実施形態例4では、右美濃港路を用いることを前提に明示したが、InP、GaAs、Si等の半導体光波路、LiNbO₃等の誘電光波路、GaP等のガラス材料半導体路で同様の光波路を製作できることは言うまでもない。特に、半導体光波路は屈折率が大きいめささに小型化が可能で、光路内に光増幅器を設けることも可能である。

(実施形態例6)図2-5(A)は図2-0、図2-1に示す空間フィルタを液体によって製作した例を示しており、301a、301bは透明電極、302は誘導電極、303はペーパー、304はエマティック紙、305は1/4波長板である。1/4波長板は偏光依存性のある空間フィルタを用いた場合に、偏光無信化するために必要であり、この1/4波長板のT軸、S軸は導波路面(図2-5(A)中のA-A'、後部分)に対して45度傾けて配置される。流路の配向は導波路面(図2-5(A)中のA-A'、後部分)に平行である。は直進性ホモジニアス配向する試みと説明が用いられる。

【0179】図2-5(B)は透明電極301aの構成を示しており、矩形状の電極を有して、各電極に任意の電圧の印加ができるようになっている。電圧を印加することによって流路の配向が変化し、透明電極301a、301b間に位相が変化し、矩形状に電極が設かれているので任意の空間位相フィルタを実現することができる。すなわち、本例においては、位相フィルタを調整す

ることで必要に応じた光信号処理を行うことが可能となる。また、液晶にツイストネオマティック液晶を用いても良い。この場合に1/4波板は不要である。印加電圧が十分に高くとった場合に位相変動器として機能する。

(実施形態例) 図26は、本発明の第7の実施形態例を示すおり、光路を屈折させて一層小型化したのを示している。図26において、401は光導波路のア、402はミラー、403は斜め(7°～8度)の屈折面の構である。本例ではスラブ導波路107の底面がミラー110上になるように光を屈曲するための403とミラー402から屈折面が形成される。本例では、フィルタを石英基板上に配置できるので、その小型化が可能となる。溝反応性オーエンチャッジ装置を用いて容易に作成可能である。

(実施形態例) 図27は透過程の構造を示しており、ここではアートシングル011AL基板のアレイ導波路106を有する第1の石英基板101Aと第2のアレイ導波路505を有する第2の石英基板101Bとが配置された構造となっている。そして、この二層の石英基板101A、101Bは101A上には分離したのと第1のアレイ導波路106、第2のアレイ導波路505、第1のアレイ導波路106、結晶のための第2のスラブ導波路107が配置され、第2の石英基板101B上にも結晶のための第1のスラブ導波路504、(第2の)アレイ導波路505、合波のための第2のスラブ導波路506が積重している。そして、石英基板101Aと101B間に空開ルーフィルタ等が配置される。なお、502は光導波器を示す。

【0180】図1のアレイ導波路屈折子200Aはヒートシングル501上の石英基板101A上に形成され、第2のアレイ導波路屈折子200Bは同じヒートシングル501上の石英基板101B上に形成され、空開ルーフィルタを中心部に配置されている。第1のアレイ導波路屈折子200Aは光導波路104、第1のスラブ導波路105、アレイ導波路106、第2のスラブ導波路107から構成されている。一方の第2のアレイ導波路屈折子200Bも、同様に第1のスラブ導波路504、アレイ導波路505、第2のスラブ導波路506、光導波路507から構成されている。

【0181】図28は拡大図である。空間フィルタは図25と同様のフィルタであるが、透過程のため少くとも位相差(2π)が得られるようにする必要がある。また、図25のミラー110および1/4波板305は不要なので省略されている。この構造は前段位相があるのに、偏波無効化する場合は、フィルタを2段交差して接続すればよい。本例の透過程の構成は図20で示した構成と動作上は透過程である。装置は大型化するが、図20のサーチューラー102が不要となり損失が軽減できる。図27の503はフィルタ側面を示す。

【0182】図29は、図27、図28に示した前記実

施形態例の変形例を示しており、図29(A)は、図示の空間フィルタ110を用いる例、図29(B)はフレネルレンズ(キノコーム)108をフィルタ基板上に形成した例、図29(C)はフレネルレンズ(キノコーム)と位相フィルタとを複合する位相ルーフィルタ116を用いた例、図29(D)は第1のスラブ導波路107、504の代わりにレンズ115を用いた例を示している。この場合、空間フィルタは透過程のため位相差が少なくとも(2π)得られるようになっている。

(実施形態例) 図30は透過程の他の例を示すもので、加熱により位相調整を行なう例を示している。すなわち、601はアレイ導波路、602は加熱電極、603は配線、604は制御電極である。図31にアレイ導波路601の放大図を示す。ここで、605は導波路中に設けられた溝、606は接線端子をもつた導波路テープ構造、607は1/2波長板である。溝605、テープ606、1/2波長板607の構造は、導波路の偏波存性を低減する構造で、必要に応じて他のアレイ導波路にも用いることができる。一例に材料・折反射率は温度依存性を持つもの加熱することにより導波路の光路長をずらす位相を変換することができる。ここでは電極602の電流を調節することによりアレイ導波路601の各導波路の位相を調節することができる。すなわち、アレイ導波路601より射出するスラブ導波路107によるフーリエ変換面になるように配置すれば、アレイ導波路601、加熱電極602、溝605、テープ606、1/2波長板607は、可変の位相フィルタとして機能する。位相調節が容易に行なうためアレイ導波路601の各導波路間の位相差は2πの整数倍となるように製作される。本例においても図25の組合と同様に任意の位相変化と、柔軟な光信号が可能となる。

【0183】なお、図31内において仮想線にて示すように中央に空間フィルタと1/2波長板を置いた位相調整アレイ導波路端に接続されるようにも構成することができる。

(実施形態例10) 図32は、ホログラム記録についての例を示しており、701は光導波器用導波路、702は第2の分離手段であるスラブ導波路、703は第2のアレイ導波路、704は光導波器である。704に半導体MQW、チタン酸リチウム等のフォトフラクティア品、サーモアクリスティック等を用いることができる。ここで、信号光の光学系04～06と参照光の光学系701～703は同じ構成である。サーチューラー102に信号光、光導波路701にヒートレントを短パルス参照光を入射すると、信号光と参照光はフーリエ変換されて複雑704上で干渉し、ホログラム記録される。記録後、再びコヒーレントな短パルス参照光を入射すると、サーチューラー102より信号光の位相共役光出力される。すなわち、本発明は高周波の光信号を記録し位相共役光を発生する機能を持つ。

(実施形態例1 1) 図3は、プログラム記述の他の例であり、透型透鏡を示している。ここで、801は第2の被像手段であるラップ導波路、802はアレイ導波路、803は合波手段であるラップ導波路、804は光導波路である。図3の例と同様に第1の導波路104に信号光、導波路701に明視光を入射すると、導波路701に光信号がプログラム記録される。記録後、再びコヒーレンスなし短パルス明視光を入射すると導波路804より、信号光が再生される。明視光の代わりに別の信号光を入射すれば、この信号光時間間隔を出力することができる。

(実施形態例1 2) 図3は、超高速光信号の波形観測例を示すので、901は単色光のCW光路、902は光導波路、903はラップ導波路、904は光受光器アレイである。導波路701は信号光、導波路701に明視光を入射すると、媒体704上でのプログラムにより回折される。回折光がアレイ704上に結合すると、時間波形が空間光強度分布として形成される。アレイ704で電気信号として取出され、パラレルリアル時間回路905にて時系列信号で変換することで超高速の光信号の波形を観測することができる。また、光フィルタ909は必要に応じてCW光路の波長を信号光および参照光と異なった波長に設定し、信号光および参照光のアレイ704への射入をさえるようになっている。

【0184】なお、今までの各図の説明において、同一番号は同一部分を示している。

【0185】また、結果手段としてのラップ導波路104、705等は、フレネルレンズ(キノフォーム)108と組合して、焦点面を平面としたのであるが、また周波数範囲での光信号処理(焦点面)を行わないと一般に大きな歪みが生ずるのであるが、焦点面の歪曲の度数によつては、フレネルレンズを除くことも可能となる。すなわち、被像手段をラップ導波路のみにて形成することができる。

【0186】また、上記各図の説明にあって前述の如く空間位置アレイまたは强度フィルタとし、もしくは双方を備えたものでもよい。

【0187】また、図2の例ではフレネルレンズ(キノフォーム)の焦点距離を結合手段のラップ導波路の焦点距離と等しいことを述べたが、必ずしも等しくする必要もなく分散を生ずるか分散補償をするかの違いにより決定できる。

【0188】さらに、図2(B)に示す垂直方向屈曲手段を、例えば図3 2でも適用できるが、この場合には図2(B)に示す空間フィルタ109やミラー110は光記録媒体に置き換えることになる。

【0189】以上の例示でも明らかに、前記実施形態例の各図の例示は必要に応じて相互に適用することができる。

(実施形態例1 3) 図3に本発明の実施形態例1を示す。

この実施形態例1 2は、前記実施形態例1の装置と基本構造は類似しているが、光源側に光増幅器120、光フィルタ121、光増幅器122が設けられていが異なる。

【0190】フレネルレンズ近傍の詳しい構成を図3に示す。ここで、図3中、符号111は石英基板、112は低反射コーティング膜、113は保護基板である。

【0191】上記フレネルレンズ108は、熱被反射鏡で透型材料をエッジングして製作することができる。フレネルレンズ108の等高線は指印形状をしている。フレネルレンズ108の屈折方向の曲率とレンズ面とラップ導波路107の屈曲面の光の屈曲の焦点距離を持つようにする。また、フレネルレンズ108の長軸方向の曲率とラップ導波路107の焦点距離を等しくなるようにする。

【0192】光ファイバ103に入射された信号光は、光増幅器120で増幅され、光フィルタ121で不要なASE光を除去された後、サーキュレータ102を通過し、光導波路104に入射する。次に、第1のラップ導波路105で信号光アレイ導波路106の各導波路に分配される。アレイ導波路106の出射端は、各導波路は△1/2ラップ導波路長である。このため、導波路の屈折率を0.5すると、隣接する導波路はnπ/2の位相差を持つ。すなわち、アレイ導波路106は回折格子と同じ分散性を持つ。

【0193】このため、第1のラップ導波路105、アレイ導波路106および第2のラップ導波路107で構成されるアレイ導波路回折格子100は、波長重伝送装置における効率度として今までより高いれている。

【0194】アレイ導波路106の出射端は、第2のラップ導波路107に接続されているが、半径の円周上に配線されている。すなわち、第2のラップ導波路107は焦点距離1/2のレンズとして機能する。

【0195】上記第2のラップ導波路107の焦点面

は、第2のラップ導波路107の光軸上でアレイ導波路106の出射端を中心とする円周上に位置することになる。

【0196】本発明における周波数空間での光信号処理は、焦点面で行われないと、一般に大きな歪みが生じる。このため、フレネルレンズ108が上記ラップ導波路107の出射側に配置される。該フレネルレンズ108により焦点面が平面に変換される。フレネルレンズ108の導波路面内の焦点距離は等しく設定される。

【0197】入射光は空間フィルタ109を通過し、ミラー110で反射し、再び空間フィルタ109を通過する。

【0198】図3および図8に空間フィルタ109およびフレネルレンズ108の詳細図を示す。ここで、空間フィルタ109およびフレネルレンズ108は同様

のプロセスで作製が可能である。空間フィルタ109の厚みは、信号の中心波長 λ_0 、 λ_0 は空間フィルタ109の材料の屈折率とすると、反射型では屈折で最大2倍の位置差が必要であるから、 $\lambda_0 / (2n_{\perp})$ に等しい。

【0199】また、フレネルレンズはレンズの中から空気中に光を反射するので、レンズのまつみ山の方向(x)では第2のスラブ導波路107の焦点距離を平面に変換するため、第2のスラブ導波路107に等しい焦点距離を持つように設計される。

【0200】また、導波路基板に直角な方向(y)の曲率は、レンズからの出射光を平行に変換するため、石英基板111内の焦点距離が实际石英基板111の厚さ

$$R = (n_2 - 1) / f$$

空間フィルタ109およびフレネルレンズ108は、例えばPMGI(PolyMethylGlyutaricAnhydride)露光機で露光して、現像することで製作することができる。

【0201】図5にはPMGI現像露光の露光依存性のグラフを示す。

【0202】また、PMGIをマスクにして、石英基板111をエッチングして製作することも可能である。これを図40に示す。

【0203】形状が反転するので、必要に応じて反転した露光パターングが必要である。

【0204】また、石英基板111を元にしてレプリカを作製しても良いことはいまだない。

【0205】款式で表現するためには、入射信号をu

$$U(\omega(x)) \cdot h(x)$$

反射光は再びアイン導波路106を通過し、逆フーリエ変換される。

【0213】さて、群速度分散のある媒質中を光が通過すると、周波数空間での入射光開口は下記(4)および

$$U(\omega) = U_0(\omega) \cdot \text{Exp}(i\phi(\omega)) \quad (4)$$

$$\phi(\omega) \approx \phi_0 + \phi_1(\omega - \omega_0) + \frac{\phi_2(\omega - \omega_0)^2}{2} + \dots \quad (5)$$

【0215】ここで、 ω は角周波数で ω_0 は中心角周波数であり、位相項の第1項は絶対位相、第2項に時間軸上の位置、第3項に群速度分散を示す。第4項は常に高次の分散効果を示す。主として第3項の効果によってバルスががりが生じる。

【0216】ところが、下記(6)式で示される位相フィルタを用いて、本実験の形態の光回路でフーリエ変換後に位相フィルタを通過させれば、上記(3)式により、第3項をキャンセルすることができる。群速度分散による波形劣化を等化することができる。

【0217】

【数6】

に等しくなるように設定される。x方向およびy方向の曲率を R_x 、および R_y 、すなとフレネルレンズ108の構造図は次の(1)で示される。

【0201】なお、 $m = 1, 2, \dots$ (整数) 曲面の不連続に対応する。

【0202】

【数4】

$$\frac{R_x}{R_y} \cdot x_{\perp}^2 + y_{\perp}^2 = 2m \frac{\lambda_0}{n} R, \quad (1)$$

【0203】また、曲率Rと焦点距離fとは次の式

(2)で変換される。

【0204】

(2)

(t)、空間フィルタ109の透過函数(往復)をh(x)と仮定する。

【0210】ここで、tは時間、xは空間フィルタ109上での位置である。

【0211】信号光u(t)は、上記アイン導波路106によって分光され、空間フィルタ109上の異なる位置に焦点が結ぶ。この分光された透過函数スペクトルはいのフーリエ変換Uを用いてU(a(x))と表される。信号の中心開口数が $\omega = 0$ に対応するする空間フィルタ109の透過後のスペクトルは、下記(3)式のように示される。

【0212】

(3)

(5)式で示される。

【0214】

【数5】

$$h(x) = \text{Exp}(-i \frac{\phi(a(x))^2}{2}) \quad (6)$$

【0218】位相フィルタは図40に示したように、動作光路領域で透明な材料をエッティングして製作することが可能である。位相型の大きいフィルタの製作は困難であるので、反射型の構造ではその位相差を折り返してフィルタを製作すると良い。反射型の場合、光がフィルタを2回透過するので、分散補償フィルタの特性は、次式となる。

【0219】

【数7】

$$h(\phi(x)) = \text{Exp}\left(-\frac{q}{4} \cdot \{\phi(x)\}^2\right) \quad (6')$$

【0220】(6)および(6')式は、100fs以上のパルス幅のに対して、この近似は有効である。もちろん、位相差に等しい源のフィルタを製作しても良いことは言うまでもない。

【0221】図4および図4-2に実施形態例12のフルタ特性的例を示す。ここでは、群速度分散のある媒質でのフーリエ位相の変化を補償する分散補償用フィルタの特性がフーリエ変換において $\alpha \times 2$ であると仮定した。

【0222】図4および図4-2は分散の正負に対応している。

【0223】この結果、対位相が空間フィルタ上の位置(x)に対して、 $\phi(x) = \text{Mod}(\alpha x^2, \pi)$ (a: 定数)を近似した特性を持つ光回路を作製することができる ($\text{Mod}(1, u, v)$ はuのvに対する割余を示す)。

【0224】本実施形態例13では固定の分散値の補償しかできないが、上記(5)の実施形態まで補償するフィルタを用意すれば、上記式(3)～式(6')より、高次の分散を補償できること可能となる。

(実施形態例14) 本実施形態例14の実施形態例を前出の図25(A)、図25(B)と、図35を参照して説明する。本実施形態例装置の位相フィルタは図25(A)、図25(B)に示したのとおり、図の左の部分は図35に示す第1の実施形態例と同样に構成であるの、その説明は省略する。

【0225】上記1/4波具303は偏波依存性のある空間フィルタを用いた場合に、偏波無依存化するに必要である。液晶の配列用導波路と平行あるいは垂直なホモジニアス起向する液晶と配向膜が用いられる。1/4波長板303のt種、s軸は導波路図(図25(A)のa～A'、c部分)に対して45度傾けて配置される。

【0226】図25(B)に示すように、透明電極301-aは透鏡状の電極によっており、各電極に任意の電圧が印加されるようになっている。電圧を印加すると液晶の配向が変化し、透明電極301-aと301-b間の位相差が変化する。透鏡状に電極が設けられているので、任意の空間位相フィルタを実現することができる。すなわち、本実施形態例においては、位相フィルタを調整することで、分散補償の中心波長を変えたり、分散補償量を変えたり、必要に応じた分散補償を行なうことが可能となる。

(実施形態例15) 本発明の実施形態例15を図4-3と、前出の図28を参照して説明する。

【0227】ここで、図4-3、符号200Aは第1のアレイ導波路回折格子、200Bは第2のアレイ導波路

回折格子、501はビートシンク、503はフィルタ制御装置、504は第2の給湯手段であるスラブ導波路、505は第2のアレイ導波路、506は合波手段であるスラブ導波路、507は第2の光導波路である。

【0228】前記光導波路104、第1のスラブ導波路105、アレイ導波路106および第2のスラブ導波路107と、第1のスラブ導波路404、アレイ導波路505および第2のスラブ導波路506、光導波路507とは、対称構造である。

【0229】本実施形態例の空間フィルタ(図28)は第1の実施形態例と同様のフィルタであるが、透過型のため前の位相差(2π)が含まれるようになる必要がある。また、ミラーより1/4波長板は不要なので省かれている。この構成は偏波依存性があるので、偏波無依存化する場合は、位相差(π)が与えられるフィルタを2段並じて接続すればよい。本実施形態例の透過型の構成は第1の実施形態例で示した反射型構成と動作上等価である。

(実施形態例16) 図4-4に本発明の実施形態例16を示す。

【0230】ここで、図4-4中、符号100-1は光源、100-2は光束調整器、100-3は光束偏向装置1回路、100-4は第1から第14の実施形態例に示したいずれかの光信号処理装置、100-5は光伝送路であるファイバ、光フィルタ、光增幅器等で構成され、100-6は第1から第14の実施形態例に示したいずれかの光信号処理装置、100-7は位相偏置器である。

【0231】伝送路中で、信号劣化の大きな範囲である自己相変調、光ノイズスペック強度には自己相変調して生ずる、平均パワーを保持したままパルス幅を広げてビックパワーを下げて自己位相変調を低減することができること。

【0232】本実施形態例では、光信号処理装置100-4において位相変調を施し、波形をスクランブルして光強度を平坦化し、光信号のビーコン強度を低減する。

【0233】図4-5に実測器出力光強度の時間波形と、光信号処理装置100-4透過後の出力波形の例を示す。

【0234】伝送路の分散は主として上記式(3)の第3項の群速度分散で、周波数に対して2次の項である。

【0235】光信号処理装置100-4の位相フィルタによるスクランブルを2次の項主体で行なうと、伝送路中で伝送路の分散特性を補償して波形が再生し、自己位相変調が大きく生じて波形が補償不可能に劣化する可能性がある。このため、位相フィルタの特性は、2次の項ならば伝送路の分散と同様符号の分散が生じるようである。あるいは、3次以上の項を用いるか、あるいは全くランダムな位相変化を持つフィルタを用いる。

【0236】実施形態例13の光信号処理装置を用いた場合について、位相フィルタの例を図4-6(3次以上の項を用いる)および図4-7(全くランダムな位相変化)

に示す。受信側の光信号処理装置1006の相フィルタは、伝送路で分散と光信号処理装置1004で手めかえられた位相スラッシュを補するよう設計されている。式(6)で表現するために、光受器1002から出力される信号光を $h(t)$ 、光信号処理装置1004の位相フィルタの特性を(反射型の場合)往復を $h(t)$

$$s(t) = u(t) * H_1(t) * H_2(t) \quad (7)$$

元の波形を再生するためには、光信号処理装置1004の位相フィルタの特性を次の式(8)のように定めればよい。

【0238】

【数8】

$$h(u(x)) = \frac{h(e(x))^2 \cdot j(e(x))}{|h(e(x))|^2 + |j(e(x))|^2} \quad (8)$$

【0239】また、光スペクトルの強度の送信側での変調が受信側での S/N を改善できる場合がある。すなわち、 S/N は周波数に対して一様ではないので、光信号処理装置1004は强度 S/N が低い周波数の信号を強調して送信側で伝送路の周波数を補償する位相フィルタと、送信側と逆の特性の強度フィルタを用いると S/N が改善される。このように強度フィルタを用いることで、受信側の周波数に偏倚して受信感度を高めることができる。このような強度フィルタの特性を図48に示す。

【0240】また、受信側の光信号処理装置1006の強度フィルタに中心周波数近傍のみを低減するフィルタを用いて、時間変形の周波数成分を減衰させて、非線形効果などを生じる符号間干渉を抑制して受信感度を高めることができる。こののような強度フィルタの特性を図48に示す。

(実施形態例17) 本発明の実施形態例17の位相フィルタの特徴を図49に示す。図49(A)は、図49(B)に示す。フィルタ以外の周波数の構成は実施形態例13～16と同様である。入射符号光が强度変調された符号光であるとすると、强度変調信号の周波数スケルトル価値を図50(A)に示す。キャリブレーションの下に周波数が生じる。これに対して角周変調された信号光のスペクトル価値を図50(B)に示す形状になり、上下の周波帯の位相が反転しているところが强度変調の周波数スペクトル価値との相違点である。

【0241】すなわち、図50(A)、図50(B)に示したように、位相フィルタの特性を反射型の場合、 $\phi(x) = \pi/2$ ($x > 0$)かつ $\phi(x) = 0$ ($x < 0$)、あるいは $\phi(x) = 0$ ($x > 0$)かつ $\phi(x) = \pi/2$ ($x < 0$)

とすれば、强度変調から角度変調への変換形式の変換が行われる。逆変換は位相反転したフィルタを用いれば良いことは言うまでもない。また、透達型のフィルタでは、位相変化量が2倍になるので、

$\phi(x) = \pi$ ($x > 0$)かつ $\phi(x) = 0$ ($x < 0$)、

$\phi(x)$ ($\pi/2$) ($x > 0$)かつ $\phi(x) = \pi/2$ ($x < 0$)

を(7)に代入する。

【0237】

あるいは $\phi(x) = 0$ ($x > 0$)かつ $\phi(x) = \pi$ ($x < 0$)

とすればよい。角度変調光は、光平均強度が固定一定であるので、非線形効果が生じにくく伝送距離を長くすることができる。

【0242】また、実施形態例16と同様に、強度フィルタも S/N が低い周波数の信号を強調して送信し、受信側で送信側と逆の特性の強度フィルタを用いて受信感度を高めることができる。

(実施形態例18) 本発明の実施形態例18を示す。ここで、図51に符号1011は矩形波光調、1012は光増幅器、1013は光位相フィルタ、1014は光分離素子、1015はin白の光受信回路、1016はn台の光サーキュレータ、1017はn本の光増幅器、1018は光伝送路、1019は光増幅器、1020は光伝送路、1021は光増幅器、1022は光波長フィルタ、1023は光分離素子、1024はn台の光サーキュレータ、1025はn台の光受信回路である。

【0243】前述した実施形態例17とは、主として光信号の多様化を行っている点で異なる。

【0244】矩形波を用いた光通信の場合、多くはパルス波で光通信が内定する。

【0245】最小のS/N閾値(パルス強度)まで挿めることが可能であれば、帯域を有効利用できる。

【0246】しかしながら、変調回路の動作速度は高々5.0Gb/sであるので、パルス幅1μsの場合の带域(ガウス波形で約1.000Hz)を有効に利用することができない。このため、本実施形態例では、変調回路の動作速度範囲内にするため、パルスをn個の変調回路に分岐して変調する。

【0247】本実施形態例では、各々の変調信号に周波数搬送で異なる位相変調を加えた上で合波、多重するようになっている。

【0248】この場合、各々の変調信号に対する位相変調が互に相間が少くなるように行う。

【0249】このような位相変調には、例えば異なるNPN(pseudorandom noise)系列やML(Maximum Length code)系列を用いればよい。

【0250】空間フィルタの位相は系列の[1, 0]に従って、反射型の場合では、相位位相が[0, π/2]で変化させて構成する。

【0251】図52にフィルタ平面上での平均光強度分

前の包絡線を示す。
【0252】各実測信号の中心周波数は同じであるが、
フィルタ平面上では入力導波路の位置が異なることを反
映する位置で構成する。

【0253】 $k=1, k, k+1$ 番目のチャンネルに対する光強度分布は、入力光導波路のスラブ導波路1.0
5への接続部での間隔 $d_{1,n}$ に等しい間隔で分離される。

【0254】このため、各々の変調信号に異なる位相変調を周波数領域で行なうことが可能となる。位相変調された光は光サーキュレータ1.016で光信号素子1.018
に導波され、多段される。

【0255】受信側では、光信号はn本に分岐される
が、各々の分岐信号に対して送信側の光信号処理装置と
位相共役の空間フィルタを用いて周波数領域で変調を行
う。

【0256】各級変調の相間が少なければ、その他の信号波形は再生されず、平面的な背景雑音が存在するだけである。

【0257】パルスの有無を背景雑音から識別するため
に、受信側ではパルスに対する高周波性を計らなければ
ならない。高周波の識別には、光の線形要素子、非
線形受光素子を用いるか、高周波の電気変換素子をリップ
フローフィルタ回路がいいらしい。

【0258】図5には、変調信号、位相変調後、再生
後の復調信号の波形を示す。すなはち、本実施形態
例は、光波数領域でのスベクトラム試験に適応して
構成する。多段数が多くなるにつれて、位相変調の相
間を全ての組合せで減らすことが困難になるの
で、背景雑音が増大し、多段が困難となるが、バス幅
に相当する帯域を50%程度の効率で利用することが可
能である。

【0259】例え1.0 sのバス幅を用いて、チャンネル
変調速度5.0 Gbit/sで4チャンネル、総計2.0
Gbit/s程度の伝送装置を構成することが可能と
なる。

(実施形態例1) 本発明の実施形態例1を示す。こ
こで、図5-4中、符号1.031はパルス光源、1.03
2は光増幅器、1.033は光波長フィルタ、1.034は
光分岐素子、1.035はn台の光変調回路、1.036、
1.037、1.09は図4-3に示したのと同様な透過程型光
信号処理装置であり、入出力導波路をn本に増やした装置
、1.038は光信号は素子1.039は光増幅器、1.0
40は光伝送路、1.041は光増幅器、1.042は光波
長フィルタ、1.043は光分岐素子、1.044、1.04
5、1.09は前述と同様に図4-3に示したのと同様な透
過程型光信号処理装置であり、1.046はn台の光受信回路
である。

【0260】本実施形態例では、前述した実施形態例1
を透過型の位相変調回路で構成したもので、その動作

は実施形態例1と同様である。

【0261】ただし、透過型のため、空間フィルタは相
対位相が[0, π]で変化させて構成する。

(実施形態例2) 図5-5は本発明の実施形態例2を示
すもので、この実施形態例2の装置は短パルス光源
である。

【0262】図において、本発明の短パルス光源は、光
変調器2.011、光変調器2.011を駆動する駆動回路
2.012、光増幅器2.013、光増幅器2.013に反射分布を加
する反射回路2.014、図5-5に示したア
レイ導波路回路子2.015とから入力導波路7.1を含むア
レイ導波路回路子2.015、光変調器(光変調手段)
2.011と光増幅器(光増幅手段)2.013を結合する
光結合手段2.016、光増幅器2.013とアレイ導
波路回路子2.015を2.013を結合する光結合手段
2.017を有する。光変調器2.011の光結合手段2.0
16側には低反射コーティング2.018が施され、その
反対側(外側)には高反射ミラー2.019が配置され
る。アレイ導波路回路子2.015の光結合手段2.01
7側には低反射コーティング2.020が施され、その反
対側(外側)には高反射ミラー2.021が配置される。
【0263】なお、光変調器2.011には、M-QW変調器
、LN変調器、その他の用いることができる。光増幅
器2.013には、進行波型半導体光増幅器、垂直偏振
光ファイバ増幅器、その他の用いることができる。扇
形反射鏡1.014は、光増幅器子1.015が進行波型半導
体光増幅器の場合には電極源、垂直偏振光ファイバ増幅
器の場合には偏光光源となる。また、アレイ導波路回路子
2.015の光結合7.0には、石英基板の他に、InPや
GaAs等の半導体素子を用いることができる。

【0264】アレイ導波路回路子2.015は、基板7
0上にスラブ導波路7.2、導波路長差として長く
なる複数本の導波路からなるアレイ導波路7.3、スラブ導
波路7.4、複数本の出力導波路7.5が形成された構成で
ある。

【0265】ここで、スラブ導波路7.2、7.4の屈折率
を n_{s2} 、アレイ導波路7.3の屈折率を n_{s3} 、アレイ導
波路7.3のスラブ導波路端面における距離を d 、スラブ導
波路7.4の中心軸を基準にした結合力方向を θ 、焦点距
離を f 、光の波長を入とすると、結合力位置は、
 $n_{s3} \sin \theta + n_{s2} \Delta L = m\lambda \quad (m=1, 2, \dots)$

で与えられる。 m の値は、通常数十から数百である。ス
ラブ導波路7.2に入射する光の周波数とスラブ導波路7
4の焦点面における結合力位置 x の間隔は、図5-6に示す
ようにになる。なお、アレイ導波路7.3の総分割数 $(d/\lambda -$
 $d/f - 1) \cdot d\theta/f$ は、 $1(\mu\text{m}/\text{GHz})$ である。

【0266】スラブ導波路7.2に入射した光は、スラブ導
波路7.4の端面に Δx の偏移で接続された出力導波路

7.5を介して高反射ミラー2021に反射され、再びスラブ導波路7.2から逆方向に反射される。このようなアレイ導波路回折格子2015の反射スペクトルは、出力導波路7.5の開閉によってアレイに応じたものとなる。例えば、 $\Delta x = 5 \mu\text{m}$ 、コア幅は10 μm としたときの反射スペクトルを図57に示す。出力導波路7.5の配置に応じて、50のHzごとに反射ピークをもつし形の反射スペクトルが得られる。

【0267】本実施形態例の構成では、高反射ミラー2019と高反射ミラー2021との間に光共振器が形成され、光共振器は2013での位置が十分に大きい場合に多数の光長の光を同時に発振することができる。さらに、駆動回路2012により周波数の制限波段で光変調器2011を駆動して十分に深く変調をかけると、光共振モード間に結合が生じてモードロックが発振する。なお、駆動する周波数は、高反射ミラー2019と高反射ミラー2021との等価光学距離を L_{eff} 、 k を乗数として、

$$f = k \cdot c / (2 \cdot L_{eff}) = \Delta x / (dx/df)$$

と表される。このこと、各モードの位相関係が一定に保たれ、繰り返し周波数の光型(ハイスペクトル)が生成される。光共振モード回折格子を図58に示し、発振ハイス波形を図59に示す。

【0268】従前のモードロック型レーザーでは、各モードの周波数を設定するところが困難であった。しかし、本実施形態例の構成では、各モードの周波数アレイ導波路回折格子2015の出力導波路7.5の開閉によって決めるので、各モードの周波数を詳細に設定することができる。さらに、アレイ導波路回折格子2015が石英基板上に形成され場合には、温度変動に対しても安定な周波数の発振が可能である。

【0269】また、従前のモードロック型レーザーは、ハルス幅を設定することが困難であった。しかし、本実施形態例の構成では、アレイ導波路回折格子1の出力導波路7.5の本数および高反射ミラー2021の反射率を制御することにより、さわらか光共振スペクトルを設定することにより、ハルス幅をあらかじめ設定することができる。例えど、図60に示すようなカウズ型の包絡線スペクトルを実現することができる。このとき、時間軸上でのハルス波形もガウス型となる。

(実施形態例21) 図61は、本発明の実施形態例21を示すもので、この実施形態例は単ハイス光源である。

【0270】基本的な構成は、図55に示す実施形態例20と同じである。ここでは、アレイ導波路回折格子2015のスラブ導波路7.4および出力導波路7.5部分の拡大図を示す。

【0271】本実施形態例の特徴は、出力導波路7.5の各導波路の長さを変え、光共振器内の分數を補償できるように設定したところにある。

【0272】一般に、半導体材料は大きな分散をもっており、本発明の光共振器内の分散のはほとんどは、光変調器2011および光共振器2013における半導体の材料分散であると考えられる。この分散の大きさは、0.005 ps/nm 程度である。 $1 \text{nm}/\text{GHz}$ の線分散もアレイ導波路7.3に対して、 $50 \mu\text{m}$ 間隔に出力導波路7.5を配置する場合には、隣接する導波路長の差を0.4 μm とすれば、光共振器内の分數を補償することが可能である。ただし、各導波路長は各モードに対する共振器中の位相差が $m\pi$ ($m = 0, 1, 2, \dots$)となるよう位相調整される。

【0273】このため、隣接する導波路長の差を以下のようにしてよい。

【0274】

【数9】

$$0.4\mu\text{m} \pm \frac{m\lambda}{2n}$$

【0275】ここで、 λ_K はK番目のモードの波長、 n 、 ε_{eff} は出力導波路の効率である。これにより、トランズフォーマミックに近いハルスを生成することができる。また、フリースペクタルレンジ(大きいアレイ導波路回折格子2015を用いれば、サブピ秒の周期型ハルス列を生成することができる)。

(実施形態例22) 図62(A)は、本発明の実施形態例22を示すもので、本実施形態例は単ハルス光源である。

【0276】本実施形態例の基本的な構成は、図55に示す実施形態例20.2と同じである。ここでは、実施形態例20.2におけるアレイ導波路回折格子2015の出力導波路7.5部分の拡大図を示す。

【0277】本実施形態例の特徴は、出力導波路7.5の画面に高反射ミラー2021に代えて、レンズアレイと片面に高反射ミラーを有する液晶空間変調器を配置することによる。レンズアレイは、 Δx の間隔で配置される分光屈折率レンズ2022により構成される。液晶空間変調器は、偏光板2023、ガラス基板2024-1、 Δx の間隔で配置される透明電極2025および配向膜2026に挟まれたツイストネオティック液晶2027、高反射ミラー2028、ガラス基板2024-2を積層した構成である。出力導波路7.5の端面、分布屈折率レンズ2022および偏光板2023の両面には、低反射コーティング2029が施される。

【0278】液晶空間変調器は、対向する透明電極2025間に電圧を印加することにより、高反射ミラー2028から出力導波路7.5への反射率を制御することができる。これにより、ダイナミックにモードの制御が可能であり、必要に応じてハルス波形を代えることができる。

【0279】なお、この場合の空間変調器は上記液晶空間変調器に限らず、MQW変調器、フランツクリデイ

シエ効果による変調器、LN変調器、光非線形材料によく変調器など、他の変調器を利用することができます。

【0280】また、共振器内分散相位を行には、前述した分散相位用の位相フックを用いてもよいことは言うまでもない。この場合の断面構造を図6(2)(B)に示す。図中、符号7はラップ導波路であり、2024は保持基板、2028は高反射ミラー、3000は分散袖用位相フィルタである。

(実施形態例23) 図6(3)は、本発明の実施形態例23を示すものである(短バ尔斯光路)。

【0281】本実施形態例の基本的な構成は、図5(3)に示す実施形態例20と同じである。ここでは、アレイ導波路回折袖子2015のラップ導波路74および出力導波路75部分の拡大図を示す。

【0282】本実施形態例の特徴は、高反射ミラー2021を用いる代わりに、出力導波路75中の回折袖子2030を形成するところにある。この回折袖子2030は、非常に狭い断面の高反射ミラーとして機能することができる。また、光反射性をもつて、非常に詳細なモード波長を設定することができる。さらに、回折袖子2030をそれぞれ異なる位置に配置することにより、前記実施形態例21と同様に共振器内の分散相位が可能となり、ランクフォームミット逼近バ尔斯を生成することができる。

(実施形態例24) 図6(4)は、本発明の実施形態例24を示すものである(短バ尔斯光路)。

【0283】本実施形態例の基本的な構成は、図5(4)に示す実施形態例20と同じである。ここでは、アレイ導波路回折袖子2015のラップ導波路74および出力導波路75部分の拡大図を示す。

【0284】本実施形態例の特徴は、実施形態例23のように回折袖子2030が形成された出力導波路75の2本または3本以上の束の光路を光合波器2031に接続するところにある。光合波器2031によって出力導波路75の所定の導波路からの光を結合するこにより、モードバ尔斯を発射している場合の所定のモードを結合し、各個のバ尔斯波形を生成することができる。例えば、奇数または偶数番号のモードのみを結合して出力すれば、モードバ尔斯周波数の2倍割り下し周波数の光短パルス列を生成することができる。

(実施形態例25) 図6(5)は、本発明の実施形態例25を示すものである(短バ尔斯光路)。

【0285】図6において、アレイ導波路回折袖子2032は、実施形態例20におけるアレイ導波路回折袖子2015から出力導波路75を省き、ラップ導波路74の焦点面に△×の範囲で複数個の高反射ミラー2021を配置した構成である。その他の構成は実施形態例20と同じである。

【0286】図6(6)は、アレイ導波路回折袖子2032のラップ導波路74部分の拡大図を示す。

【0287】図6において、アレイ導波路回折袖子2032の基板70の端面は、ラップ導波路74の焦点面上に沿って切断され、その端面上に△×の範囲で複数個の高反射ミラー2021が配置される。また、高反射ミラー2021以外の部分からの端面反射を低減するために、基板70の端面には全面に低反射コーティングが施されている。

(実施形態例26) 図6(7)は、本発明の実施形態例26を示すものである(短バ尔斯光路)。

【0288】本実施形態例26の基本的な構成は、図6(5)に示す実施形態例24と同様である。ここでは、アレイ導波路回折袖子2015のラップ導波路74部分の拡大図を示す。

【0289】本実施形態例の特徴は、高反射ミラー2021を用いる代わりに、ラップ導波路74の焦点面上に回折袖子2033を配置することによる。

【0290】この回折袖子2033は、光ファイバ中に形成された回折袖子と同時に紫外線を用いて書き込むことができる。石英基板では、回折袖子2033を非常に狭帶域の高反射ミラーとして機能させることができる。さらに、アレイ導波路回折袖子2015の光機能を加えて、ラップ導波路74中の回折袖子2033による高反射ミラーが光反射性をもつて、非常に詳細なモード波長を設定することができる。また、回折袖子2033の各位置をそれぞれ異なる位置の法線上に変位させて配置することにより、実施形態例21と同様に共振器内の分散袖子が可能となり、ランクフォームミット逼近バ尔斯を生成することができる。

(実施形態例27) 図6(8)は、本発明の実施形態例27を示すものである(短バ尔斯光路)。

【0291】基本的な構成は、図6(7)に示す実施形態例26と同じである。ここでは、アレイ導波路回折袖子2015のラップ導波路74部分の拡大図を示す。図6(8)(A)は平面面であり、図6(8)(B)は図6(8)(A)のA-A'線で沿う断面面である。符号76は導波路コアである。

【0292】本実施形態例の特徴は、高反射ミラー2021を用いる代わりに、ラップ導波路74の焦点面上に沿って基板70に対して垂直な溝2034を形成し、その溝中に複数のミラー2035が形成されたボリミドフィルム2036を挿入したところにある。

【0293】このボリミドフィルム2036は、導波路端面から不要な反射光を除くために、動作波長で透明な導波路の等価屈折率との屈折率差の小ささ(接着剤2037で固定される)。また、ボリミドフィルム2036のミラー2035のない部分からの反射光を除くために、その表面には低反射コーティング2038が施される。また、裏面からの反射を防ぐために、裏面側には光吸収フィルム2039が積層される。なお、本実施形

範例では、ボリミドフィルム以外にも各種フィルムを用いることができる。なお、上記実形態例21-27におけるレイス回路回路格子は、組合式光路回路格子などとの組合用に適用できる。

(実施形態例28) 図79は、本発明の実形態例28を示すものである。(組合式光路)。

【0290】本実施形態例では、光変調器2011と光増幅器2013を集積化した構成を示す。n-InP基板2040に光、光変調用MQW層2041、i-InPエクストラップ層2042、レーザ用MQW層2043、n-InP層2044、n-InGaAsP層2045、Al_xZn_{1-x}電極2046を積層し、n-InP層2040の裏面にAuGeNi電極2047を取り付ける。光変調器2011側の端面には高反射ミラー2048(2019)、光増幅層2013側の端面には低反射コート層2049が接着される。このような集積化により、別々の光路の部品数が減少し、光結合手段がアレイ導波路回路格子2015、2032との間に1ヶ所までの、经济的で信頼性の高い組合式光路を実現することができる。

(実施形態例29) 図79において、2101は、出力面に低反射構造が設けられ、反射面に高反射構造が設けられたファイバ出力型光変調器であり、2102は実変調器回路、2103はファイバ出力用光増幅器、2104は導波路構造起回路、2105は4端子型光サーチャー、2106は黒反射終端器、2107は光カーブ、2108は光導波路型光ファイバ、2109はアレイ導波路回路格子、2110は光導波路、2111は第1スラブ導波路、2112は導波路アレイ、2113は第2スラブ導波路、2114はレンズ、2115は高反射ミラー、2116は微動台である。

【0293】図70の高反射ミラー2115の拡大図を図71に示す。図71(A)は平面構成図、図71(B)は断面図である。ここで、2117は石英基板、2118は点反射コートシング、2119はAu/Cr等の高反射ミラーである。各ミラー2119の幅は一定であり、図71(A)のy方向に接続ミラー間隔が変化するよう構成されている。

【0296】図72に、高反射ミラー2115近傍の配置図を示す。図中、2120はレンズ基板、2114はレンズで、2119の断面面を円盤面に変換する作用を有する。ミラー2115のある面が結晶面に一致するように配置される。この面で紙面に垂直な向きがy方向、また、y軸の回りの回転軸をzとする。ミラー2115で連結された微動台2116により、x、y方向およびz方向に微動することができる。この実形態例では、ミラー2115をx方向に移動することによ

り、モードロック発振時の中心周波数と各モードの発振周波数を制御することができる。y方向に移動することにより、ミラー2119の間隔が変化するので、モードの偏光すなわち、バルスの繰り返し周同期を制御することができる。さらに、モードロック状態が生じやすいうに、y方向を制御し、共振器端の差動時間(バルスの繰り返し周同期)の整数倍あるいは整数分の1になるようにする。

【0297】本実施形態例29では、バルス端の繰り返し周同期より中心周波数を容易に制御できる機能を持つ。図面では、光ファイバ部品を接続するように示した。他の実施形態例と同様にレンズで接続してもよいことは、言及しておらず、また、他の実施形態例においては、本実施形態例と同様に光ファイバで接続することは、言及しておらず。

(実施形態例30) 図73(A)は、本発明の実施形態例30を示すもので、本実施形態例は、光信号の実時間波形の測定が可能な光束取り換装置に関する。

【0298】図73(A)において、3101は信号光を射出させるための信号光用反射導波路である。3102は1の3ラブ導波路であって、信号光用反射導波路3101の出射光をアレイ導波路3103に分配する機能を持つ。アレイ導波路3103は入射信号光を時間-空間交換する機能を持つ。

【0299】また、3104は参照光を入射させるための参照光用反射導波路である。3105は参照光用の第1スラブ導波路であって、参照光用反射導波路3104の出射光をアレイ導波路3106に分配する機能を持つ。アレイ導波路3106は入射参照光を時間-空間交換する機能を持つ。

【0300】3107は第2のスラブ導波路であり、アレイ導波路3103とアレイ導波路3106から出力した出射光をそれぞれフーリエ変換させる機能を持つ。3108は光出力ダイオード(PD)アレイであり、第2スラブ導波路3107によりフーリエ変換された信号光と参照光との干渉によって、第2のスラブ導波路3107の焦点面に形成されるフーリエ変換ホログラムの電界強度分布を検出する。3109はPDA(PI)3108により検出されたフーリエ変換ホログラムの電界強度分布から入力した上記信号光を復元する光信号復元回路である。また、2001は、前記導波路3101、3104、スラブ導波路3102、3105、4107、アレイ導波路3103、3106から構成されるアレイ導波路回路格子である。

【0301】ここで、アレイ導波路3103とアレイ導波路3106によって信号光を時間-空間交換する際に、時間軸に対して空間間隔が互に反転すると、ホログラムが得られないでの、2つのアレイ導波路3103、3106は、図73(A)に示したように同じ方向に曲げ、これによりアレイ導波路の出射面上で時間軸に対す

る空間軸の符号を挿している。

【0302】また、本実施形態例3では、PDアレイ310.81は第2のスラブ導波路3107の焦点面上に並んで設置されている。さらに第2のスラブ導波路3107の焦点面上にレンズを設けて位相補正を行ってもよい。また、2つの導波路アレイを設計する際には、図73のように、信号光用アレイ導波路3103はその入射側に、また御波光アレイ導波路3106はその入射側に、それそれ1cm程度の直線のアレイ構造を付け加えることで、アレイ導波路同士が互いに離ならないようにしていい。

【0303】また、同等の機能を有する構成として、図73(B)のようにすることも可能である。図73(B)において、符号3110は参照光用の第2のスラブ導波路、3111はハーフミラーである。ハーフミラー3111は導波路を通過後、基本的にダイミングゲートによって溝を作り、導入することで導入する。ハーフミラー3111の位置は、スラブ導波路3110において反射した参照光用ハーフミラー3111において反射し、スラブ導波路3107の焦点面に結合作するよう決定する。

このとき、オフアクションログラムの構成するために、参照光の光路に、信号光の光路に対して、3点から30度程度の角度をなすようにする必要がある。信号光と参照光のなる角度はできるだけ小さいが分解能が異なるが、信号光と参照光を分離させるために、図73(C)において、参照光および信号光のそれぞれのビームが重ならない程度に大きくする必要がある。

【0304】図73(A)における導波路は、一例として次のようにして構成する。まず、単結晶シリコンの基板上に、火炎加熱分解体積法(PIPD法)によって後部クラッド層、コア層の組成ガラス粒子層として構成させた後、アニール炉中で加温に加熱し、シリコン基板上を覆う透明なガラス膜とする。その後、導波路の間にパターニングを施し、ドライエッチングを用いて、必要なコア層を除去した後、再びPIPD法によって上部クラッド層を形成させ、高溫で加熱して上部クラッド層を透明化させる。本実施形態例3では、このような作製法を用いたが、InPなどの半導体材料にコア層としてInGaAsPなどのクラッドよりも屈折率の高い半導体をエピタキシャル成長させ、パターニング、エッチングの後、再びInPを上部クラッド層として再成長させて作製した半導体の導波路構造についても同様の機能を持つことは明らかである。この場合は、使用したい波長域に

G(λ)×R(λ)×B(λ)2

$$=|S(\lambda)|^2 + |B(\lambda)|^2 + 4S(\lambda)R(\lambda)B(\lambda) \quad (11)$$

と表すことができる。ただし、上式(11)においてS*(λ)、R*(λ)はそれぞれS(λ)、R(λ)の複素共役をあらわしている。このようなガローラムG

G(λ)×R(λ)×B(λ)2

$$=|S(\lambda)|^2 / |B(\lambda)|^2 + 1) \times R(\lambda) + S(\lambda) \times R(\lambda) \times B(\lambda)2 / |B(\lambda)|^2$$

において材料が透明であることが望ましい。

【0305】また、本実施形態例で用いた光抽出ダイオードアレイの詳細図を図74(D)に示す。256個の1次元アレイで1個の光抽出ダイオードの大きさは、縦2.0μm、横3.0μmであり、それそれのピクセルが周期5.0μmで並んでいる。各ピクセルで発生した電荷は、電荷積分器3114に蓄積される。蓄積された電荷は、CMOSのシフターレジスタ3115によって、ピクセルを順次搬出していくことで読み出される。また、光信号放大器3109は、光抽出ダイオードアレイによって取出したホログラム干渉の分布に対して、後述の数学的操作を行ったための電子計算機およびプログラム、復元した元の光信号の電界分布を表示させるための表示装置から構成されている。

【0306】また、本実施形態例で用いた光抽出ダイオードアレイの詳細図を図73(D)に示す。256個の1次元アレイで1個の光抽出ダイオードの大きさは、縦2.0μm、横3.0μmであり、それそれのピクセルが周期5.0μmで並んでいる。各ピクセルで発生した電荷は、電荷積分器3114に蓄積される。蓄積された電荷は、CMOSのシフターレジスタ3115によって、ピクセルを順次搬出していくことで読み出される。

【0307】また、光信号復元器3109は、光抽出ダイオードアレイによって検出したホログラム干渉の分布に対して、後述の数学的操作を行ったための電子計算機およびプログラム、復元した元の光信号の電界分布を表示させるための表示装置から構成されている。

【0308】導波路3101を観測を行いたい信号光は1(1)を入射させ、導波路3101に既知の参照光r1(1)を入射させの場合には、それそれのアレイ導波路3103、3106の出射端では、座標軸を1としした場合、信号光および参照光は時間一空間変換を受け、それぞれr2(x1)およびr2(x1)と変換される。これらの光信号r2(x1)およびr2(x1)はスラブ導波路107を伝搬する際に回路によってフーリエ変換され、スラブ導波路3107の焦点面上に信号光および参照光は焦点面ににおける空間周波数軸をまとすると、それぞれS(λ)およびR(λ)と変換される。ただし、S(λ)、R(λ)はそれぞれr2(x1)、r2(x1)のフーリエ変換である。スラブ導波路3107の焦点面ではS(λ)およびR(λ)は互いに干渉してホログラムを形成する。このホログラムの電界強度分布G(λ)を式で表現すると、

$$(λ) = |S(λ)|^2 + |R(λ)|^2 + 4S(λ)R(λ) \quad (11)$$

(λ)の分布をPDTアレイ3108で抽出し、数学的操作により、G(λ) / |R(λ)|^2を掛けることで、

が導出できる。上式(12)中に示明されているが、ここでスラブ導波路3107において、信号光 α_2 ($\times 1$)と参照光 α_2 ($\times 1$)とは異なる位置から入射させていることから、これはホログラフ技術におけるオフアシスト法³等価な構成である。

【0309】したがって、上式(12)に現れるそれぞれの項、

$$(\beta\alpha_2)^2 / (R\alpha_2)^2 + 1) / R\alpha_2$$

$S(\alpha)$

$$S'(\alpha) \times (\beta\alpha_2)^2 / (R\alpha_2)^2$$

は、それぞれの次、 $+ 1$ 回、 $- 1$ 回の回折分に相当し、その回折方向は異なる。故に、光信号微元回路3109において、観測したい電界成形 $\psi(\alpha)$ を欲す上で分離して導出することが可能となる。

【0310】また、実際には、第2のスラブ導波路3107の焦点面は、円弧状であるが、本実施形態例では、焦点面の近傍で直線上に切断しており、焦点面と切面とは対称性は一貫しない。つまり、時間-空間変換する機能を持たない。つまり、時間-空間変換されただ信号光 α_2 は、直線切面において厳密なフーリエ変換像にはなっていない。このため、光取出ダイオードアレイ3108で受光したホログラムの干涉構造から元の信号波形を再生する場合、逆フーリエ変換を行う時点で誤差が生じる。

【0311】本実施形態例では、このような誤差が生じる問題を解決する方法として、第2のスラブ導波路3107の切面に位相のずれによる分散を補償するフレネルレンズを貼り付けることにより補正を行ったが、フレネルレンズによるととも、上述のように計算によって信号光 α_2 の波形を再生する場合、レンズによる回折を計算する過程、つまり、逆フーリエ変換を行う過程において、フーリエ変換によらず、より一般的な回折の式を用いて、位相のズレによる分散を補償して、回折光の計算をすることにより、その補正を行うことが可能である。

【0312】また、実際には、第2のスラブ導波路3107の焦点面は、円弧状であるが、本実施形態例では、焦点面の近傍で直線上に切断しており、焦点面と切面とは対称性は一貫しない。つまり、時間-空間変換されただ信号光 α_2 は、直線切面において厳密なフーリエ変換像にはなっていない。このため、光取出ダイオードアレイ3108で受光したホログラムの干涉構造から元の信号波形を再生する場合、逆フーリエ変換を行う時点で誤差が生じる。

【0313】本実施形態例では、このような誤差が生じる問題を解決する方法として、第2のスラブ導波路3107の切面に位相のずれによる分散を補償するフレネルレンズを貼り付けることにより補正を行ったが、フレネルレンズによるととも、上述のように計算によって信号光 α_2 の波形を再生する場合、レンズによる回折を計算する過程、つまり、逆フーリエ変換を行う過程において、

(12) て、フーリエ変換によらず、より一般的な回折の式を用いて、位相のズレによる分散を補償して、回折光の計算をすることにより、その補正を行うことも可能である。

【0314】実際に図73(A)の光学系を用いて、パルス幅1p.s.、バルス間隔約4.2p.s.の13個のパルス列1組を、信号光として信号光用入射導波路3101から入射し、パルス幅1p.s.のトランസフォーミミテッドに近い単バルス光を、参照光として参照光用入射導波路3104から入射した場合の、フーリエ変換ホログラムの電界強度分布から、入射した信号光パルス列の電界分布を數学的に復元することが可能なことを確認した。

(実施形態例31) 図7-4は、本発明の実施形態例31を示すもので、波形観測可能な光信号処理装置に関する図で、図7-4において、3201は回路基板であり、入射信号光3204と入射参照光3205とを時間-空間変換する機能を持つ。3202はレンズであり、回折格子3201で回折された信号光 α_2 を参照光をフーリエ変換する機能を持つ。3203は検出ダイオード(PD)アレイであり、レンズ3202の焦点面近傍に配置されており、フーリエ変換された信号光 α_2 と参照光 α_1 の干涉によってレンズ3202の焦点面に形成されるフーリエ変換ホログラムの電界強度分布を検出する。3206はPDアレイ3203により検出されたフーリエ変換ホログラムの電界強度分布から入力した上位信号光を復元する光信号復元回路である。前記実施形態例30の場合と同様にオフアシスト法のフーリエ変換ホログラムから數学的操縦によって信号光 α_2 を導出することが可能である。

【0315】実際に光学系上に、図7-4ののような光学系を構成し、この光学系に、パルス幅0.3p.s.、バルス間隔約8.3p.s.の110の100個のパルス列を適当な変調を加えたランダムな信号を入射し、パルス幅0.1p.s.のトランസフォーミミテッドに近い単バルスを参照光として入射した場合のフーリエ変換ホログラムの電界強度分布から、入射したパルス信号 α_2 の電界分布を數学的に復元することが可能なことを確認した。

【0316】
【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、1~10p.s.の光バルスの発生、波形整形、波形測定、波形記録、相間処理等を可能にする光信号処理装置および光信号処理方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の光信号処理装置の一例を示す構成である。

【図2】従来装置における入射光信号および出射光信号のパルス強度を示す図である。

【図3】従来装置における入射光信号の光スペクトルと、該光信号の空間フィルタ透過率、出射光信号の光スペクトルとの関係を示す図である。

【図4】従来の光パルス光源として用いられるモードロック型レーザの構成図である。

【図5】従来の、多数の被光の光を同時に発射する多波長光の構成図である。

【図6】従来の、分散補償可能な光信号処理装置の構成図である。

【図7】従来の他の、分散補償可能な光信号処理装置の構成図である。

【図8】本発明の第1の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の構成図である。

【図9】本発明の第1の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の構成図である。

【図10】本発明の第1の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の構成図である。

【図11】本発明の第2の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の構成図である。

【図12】本発明の第2の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の構成図である。

【図13】本発明の第2の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の構成図である。

【図14】本発明の第3の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の構成図である。

【図15】(A)は本発明の第3の実施形態例の光信号処理装置の構成図アリの部分の構成図、(B)は(A)に示した光信号処理装置のスチーカップラ部分の拡大図である。

【図16】本発明の第4の実施形態例を説明するためのもので、本実施形態例の光信号処理装置への入射光のパルス形態を示す図である。

【図17】本発明の第4の実施形態例を説明するためのもので、本実施形態例の光信号処理装置への出射光のパルス形態を示す図である。

【図18】本発明の第4の実施形態例を説明するためのもので、本実施形態例の光信号処理装置への出射光のパルス形態を示す図である。

【図19】本発明の第4の実施形態例を説明するためのもので、本実施形態例の光信号処理装置への入射光のパルス形態を示す図である。

【図20】本発明の第5の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の構成図である。

【図21】(A)は本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置のフレネルレンズ部分の拡大図、(B)は本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置のフレネルレンズの平面構成図である。

【図22】本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置における入射光信号および出射信号のパルス強度を示す図である。

【図23】本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置における入射光信号の光スペクトルと、位相フィルタの

相位変調と、出射光信号の光スペクトルとの関係を示す図である。

【図24】(A)は本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置の変形例のフレネルレンズ部分の拡大断面図。

(B)は本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置の他の変形例のフレネルレンズ部分の拡大断面図。(C)は本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置のさらに他の変形例のフレネルレンズ部分の拡大断面図。(D)は本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置のさらに他の変形例のフレネルレンズ部分の拡大断面図。(E)は本発明の第5の実施形態例の光信号処理装置のさらに他の変形例のフレネルレンズ部分の拡大断面図。

【図25】(A)は本発明の第6の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置の品温からなる空間フィルタ部分の構成図。(B)は本発明の第6の実施形態例の光信号処理装置の空間フィルタを構成する透明電極の平面構成図である。

【図26】(A)は本発明の第7の実施形態例を示すもので、本発明の光信号処理装置のスラブ導波路の出口近傍の平面構成図。(B)は本発明の第7の実施形態例の光信号処理装置のスラブ導波路の出口近傍の平面構成図である。

【図27】本発明の第8の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図28】本発明の第8の実施形態例の光信号処理装置の中央部分に設けた空間フィルタ近傍の拡大断面図である。

【図29】(A)は本発明の第8の実施形態例の光信号処理装置の変形例を示すもので、同装置の空間フィルタ近傍の拡大断面図。(B)は本発明の第8の実施形態例の光信号処理装置の変形例を示すもので、同装置の空間フィルタ近傍の拡大断面図。(C)は本発明の第8の実施形態例の光信号処理装置のさらに他の変形例を示すもので、同装置の空間フィルタ近傍の拡大断面図。

(D)は本発明の第8の実施形態例の光信号処理装置のさらに他の変形例を示すもので、同装置の空間フィルタ近傍の拡大断面図である。

【図30】本発明の第9の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図31】本発明の第9の実施形態例の光信号処理装置のアレイ導光路の拡大構成図である。

【図32】本発明の第10の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図33】本発明の第11の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図34】本発明の第12の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図35】本発明の第13の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図36】本発明の第13の実施形態例の光信号処理装置

置のフレネルレンズ近傍の断面構成図である。

【図37】(A)は本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の空洞フィルの上面図、(B)は本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の上面開孔部の断面図である。

【図38】(A)は本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置のフレネルレンズの断面図、(B)は本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置のフレネルレンズの上面図、(C)は本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置のフレネルレンズの断面図である。

【図39】本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の空洞フィル(1)およびフレネルレンズ(2)に用いられるPMG(3)の現状(左)と譲光部存活性(右)を示す図である。

【図40】本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置において、PMG(3)をスクエアにして石英基板をスッパングして形成したフレネルレンズの断面構成図である。

【図41】本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置のフレネル特性(正の分散)を示す図である。

【図42】本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置のフレネル特性(負の分散)を示す図である。

【図43】本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図44】本発明の第1の実施形態例を示すもので、本発明における広義の光信号処理装置のブロック図である。

【図45】本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の変調部の出力光強度(時間波形)と、本装置の構成要素の一つである光信号処理装置を透過後、出力波形とを示す図である。

【図46】本発明の第1の実施形態例において、構成要素の光信号処理装置として実施形態例1の装置を用いた場合の位相フィルタ(3次以上の数項を用いる)の特性を示す図である。

【図47】本発明の第1の実施形態例において、構成要素の光信号処理装置として実施形態例1の装置を用いた場合の位相フィルタ(全くランダムな位相変化)の特性を示す図である。

【図48】本発明の第1の実施形態例において、構成要素の受信側の光信号処理装置の强度フィルタに中央周波数近傍のみを通過するフィルタを用いた場合の强度フィルタの特性を示す図である。

【図49】(A)は本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の位相フィルタの特性を反射型構成の場合について示す図、(B)は本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の位相フィルタの特性を反射型構成の場合について示す図である。

【図50】(A)は本発明の第1の実施形態例において、强度調制信号の周波数スペクトル振幅を示す図、(B)は本発明の第1の実施形態例において、角度変調信号の周波数スペクトル振幅を示す図である。

【図51】本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図52】本発明の第1の実施形態例におけるフィルタ平面上での平均光強度分布を示す図である。

【図53】本発明の第1の実施形態例における、変調信号、位相変調信号の信号、および再生後の復調信号の、それぞれの波形を示す図である。

【図54】本発明の第1の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図55】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の構成図である。

【図56】本発明の第2の実施形態例において、スラブ導波路72に入射する光の周波数と、スラブ導波路74の焦点面における聚焦位置との関係を示す図である。

【図57】本発明の第2の実施形態例において、出力導波路75の距離を5.0mm、7.7mmを1.0mmとした時の反射スペクトルを示す図である。

【図58】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置の周波数搬入ペクトルを示す図である。

【図59】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置の出射ペースト波長を示す図である。

【図60】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置によって実現することのできる発振波長スペクトルの一例を示す図である。

【図61】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の部品の放大図である。

【図62】(A)は本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の要部の拡大図、(B)は本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)において共通部内の散乱波長を用いるために用いる位相フィルタ近傍の構成図である。

【図63】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の要部の拡大図である。

【図64】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の要部の拡大図である。

【図65】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の構成図である。

【図66】図65に示した装置の要部の拡大図である。

【図67】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の要部の拡大図である。

【図68】(A)は本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の要部の拡大図、(B)は(A)のA-A'線に沿う断面図である。

【図69】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置(短バルス光源)の断面構成図である。

【図70】本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【図71】(A)は本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置の高反射ミラーの断面構成図、(B)は本発明の第2の実施形態例の光信号処理装置の高反射ミラ

一部分の断面構成図である。

【図72】本発明の第29の実施形態例の光信号処理装置の高反射ミラー-近傍の位置を示す図である。

【図73】(A)は本発明の第30の実施形態例の光信号処理装置の構成例、(B)は本発明の第30の実施形態例の光信号処理装置の変形例の構成図、(C)は

(B)に示した構成の要部拡大図、(D)は本発明の第30の実施形態例の光信号処理装置に用いた光絞り出ダイオードアレイの構成図である。

【図74】本発明の第31の実施形態例の光信号処理装置の構成図である。

【符号の説明】

1 石英基板
2, 10, 14, 25, 36, 42, 57 スターカッ

プラ

3, 11, 15, 24, 32, 43, 58 導波路アレ
イ
4, 12, 16, 23, 34, 59 スラブ導波
路

5, 17, 109 空間フィルタ

6, 52 光コネクタ

7 光ファイバ

8 石英光回路

9, 13, 22, 26, 33, 37, 41, 56 光導
波路

18 半波長板

19, 53, 120, 122, 502, 1017, 10
19, 1021, 1032, 1039 光増幅器

20 空間フィルタ制御装置

21 反射型計算機ホログラム (CGH)

31 透過型計算機ホログラム

51 光記録媒体

54 光ファップラ

55 石英光回路

60 光変調器

61 参照用導波路

101, 111 石英基板

102 光サーベュレータ

103 光ファイバ

104, 507, 804, 902 光導波路

105, 504, 211, 3102 第1のスラブ導波
路

106, 601, 802, 3103, 3106 アレイ
導波路

107, 506, 2113, 3107 第2のスラブ導
波路

108 フレネルレンズ

109a, 116 位相フィルタ

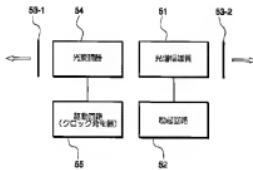
109b 強度フィルタ

110, 402, 2035 ミラー

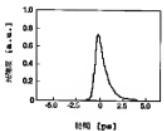
101A	第1の石英基板
101B	第2の石英基板
112	反射鏡フィルタ
113	保持基板
114	バターンミラー
115, 2114, 3202	レンズ
121, 906	光フィルタ
200	アレイ導波路回折格子
200A	第1のアレイ導波路回折格子
200B	第2のアレイ導波路回折格子
301a, 301b	透明遮蔽
302	配向膜
303	スペーサ
304	ネオティック液晶
305	1/4波長板
401	光導波路のコア
403	斜め(7-8度)の傾面の構
501	ヒートシンク
503	フィルタ制御装置
505	第2のアレイ導波路
602	加熱基板
603	配線
604	制御装置
605	導波路中に設けられた溝
606	接続失を減らすための導波路テープ構造
607	1/4波長板
701	参照入力用導波路
702	第2の分配手段であるスラブ導波路
703	第2のアレイ導波路
704	光記録媒体
801	第2の結晶手段であるスラブ導波路
803	合波段であるスラブ導波路
901	単色光のCW光源
903	スラブ導波路
904	光受光器アレイ
905	パラレルシリアル変換回路
1001	光源
1002, 2011	光変調器
1003	光変調信号発生回路
1004	第13から第15の実施例に示したいずれかの光信号処理装置
1005, 1020, 1040	光伝送路
1006	第13から第15の実施例に示したいずれかの光信号処理装置
1007	光受信器
1011, 1031	短パルス光源
1013, 1022, 1033, 1041	光波長フィルタ
1014, 1023, 1034, 1042	光分岐素子
1015, 1035	n台の光変調回路

1016, 1024 n台の光サーベュレータ	2044 n-InP層
1017 n本の入力用導波路	2045 n-InGaAsP層
1018 光合分離素子	2046 AuZnNi電極
1025 n台の光受信回路	2047 AuGeNi電極
1036, 1037, 109, 1044, 1045, 1	2102 受光部遮蔽回路
049 透過型光信号処理装置	2104 増倍器質貯蔵回路
1038 光合分離素子	2105 4量子型光セーキュレータ
1046 n台の光受信回路	2106 無反射鏡端器
2012 驅動回路	2107 光カッター
2013, 2103 光増幅器	2108 偏波保持型光ファイバ
2014 駆動回路	2110 光導波路
2015, 2032, 2109 アレイ導波路回折格子	2112 緩速アレイ
2016, 2017 光結合手段	2116, 2116 駆動台
2018, 2020, 2028, 2038, 2049	2117 石英基板
低反射コーティング	2118 点反射コーティング
2019, 2021, 2048, 2115 高反射ミラー	2119 Au/C等の高反射ミラー
—	2120 レンズ基板
2020 分布屈折率型レンズ	2115, 2119 ミラーフィラー
2023 微光板	3000 分散補償用位相フィルタ
2024 保持基板	3101 信号光を入射させるための信号光用入射導波路
2024-1, 2024-2 ガラス基板	3104 動照光を入射させるための動照光用入射導波路
2025 遮光電極	3105 動照光用の第1のスラブ導波路
2026 配向膜	3108, 3203 光検出ダイオード (PD) アレイ
2027 ヴィストネマティック液晶	3109, 3206 PDアレイにより検出されたデータを用いて各オフセット位置から入力した信号光
2029 反射コーティング	3110 参照光用の第2のスラブ導波路
2030, 2033, 3201 回折格子	3111 ハーフミラー
2031 光合分離器	3114 電荷積分器
2034 基板に対する垂直な溝	3115 CMOSのシフトレジスタ
2036 光リミットフィルム	3204 入射信号光
2039 光吸収フィルム	3205 入射参照光
2040 n-InP基板	
2041 光変調用MQW層	
2042 1-InPエッカストップ層	
2043 レーザ用MQW層	

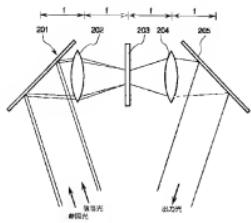
【図4】



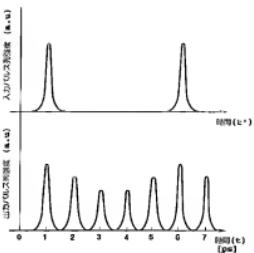
【図16】



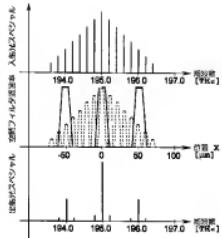
【図1】



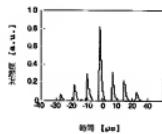
【図2】



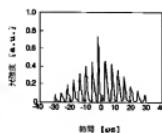
【図3】



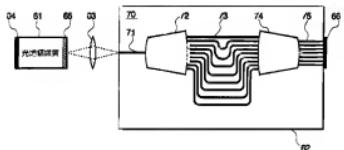
【図17】



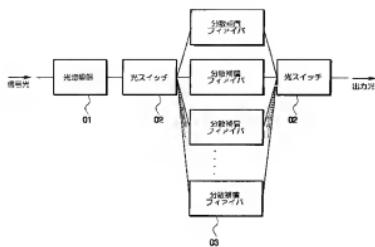
【図18】



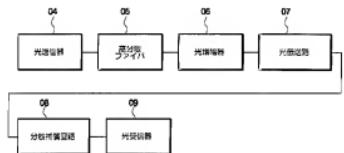
【図5】



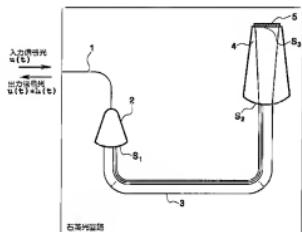
【図6】



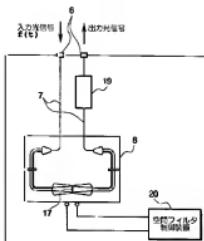
【図7】



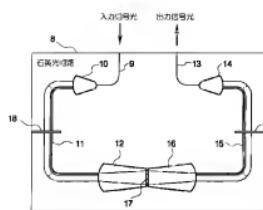
【図8】



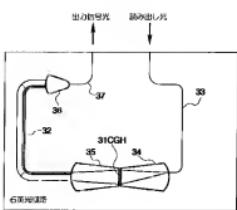
【図9】



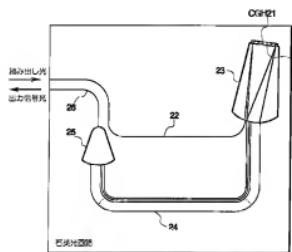
【図10】



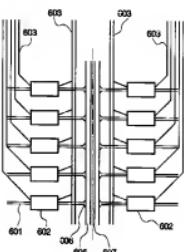
【図13】



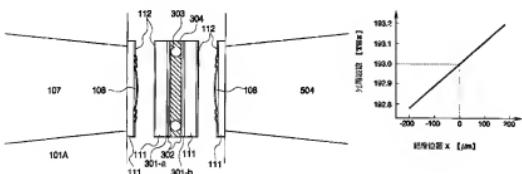
【図11】



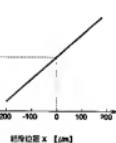
【図31】



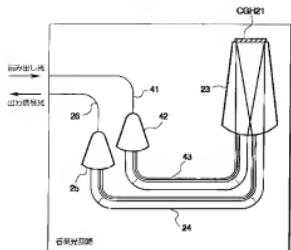
【図28】



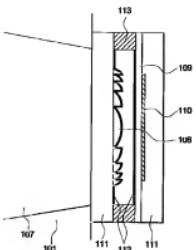
【図56】



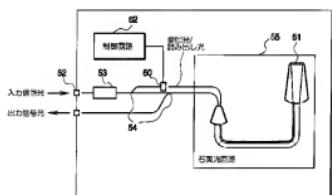
【図12】



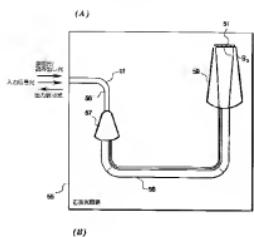
【図36】



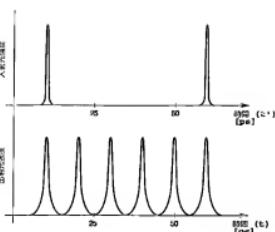
【図14】



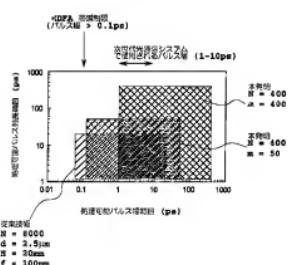
【図15】



【図22】



【図19】



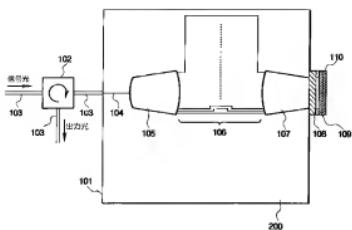
【図37】



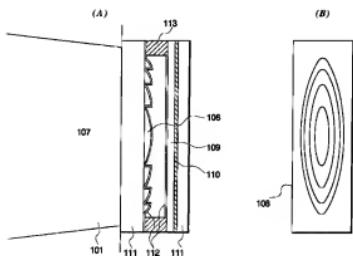
(A)

(B)

【図20】



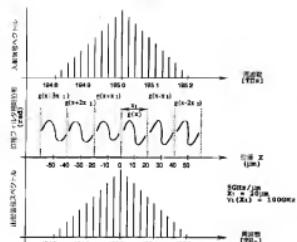
【図21】



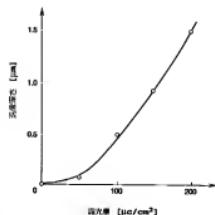
【図40】



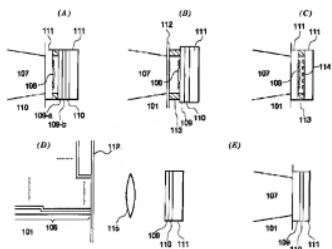
【図23】



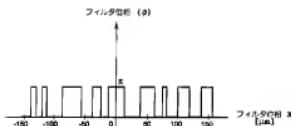
【図39】



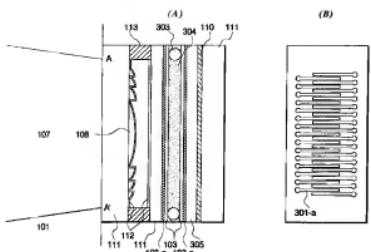
【図24】



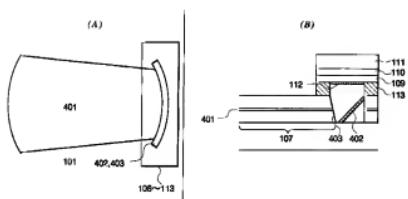
【図47】



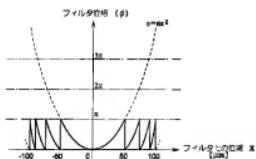
【図25】



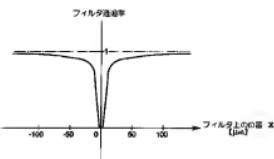
【図26】



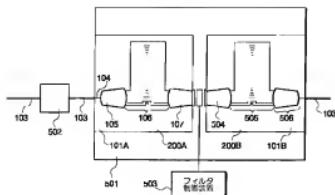
【図41】



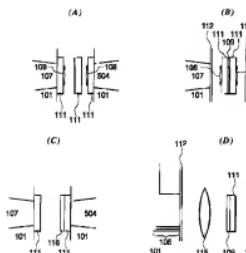
【図48】



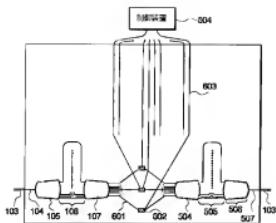
【図27】



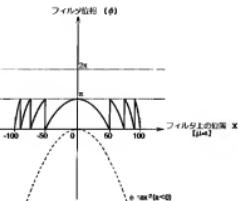
【図29】



【図3.0】

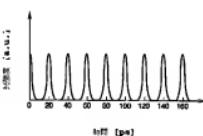
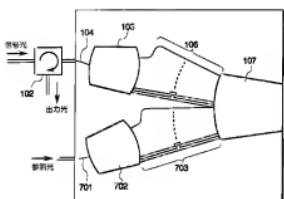


【図4.2】

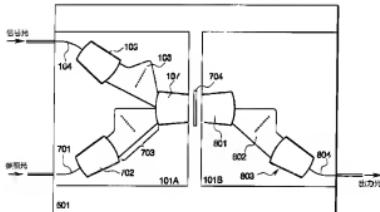


【図5.9】

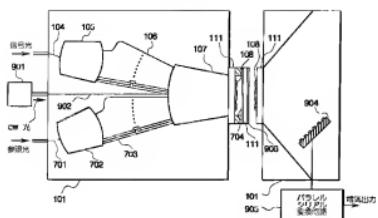
【図3.2】



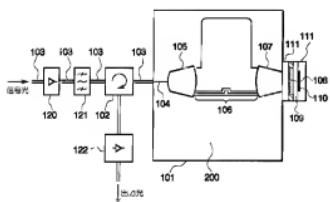
【図3.3】



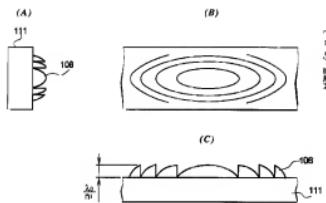
【図3-4】



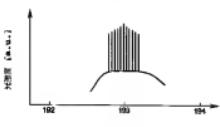
【図3-5】



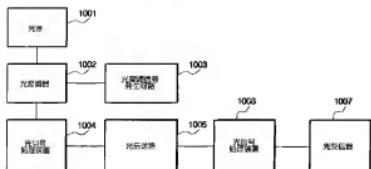
【図3-8】



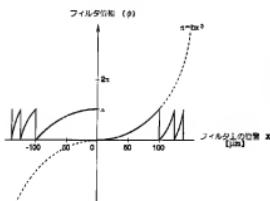
【図5-8】



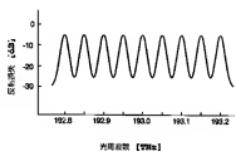
【図4-4】



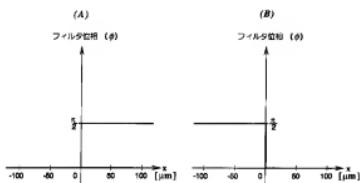
【図4-6】



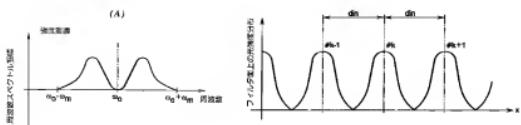
【図5-7】



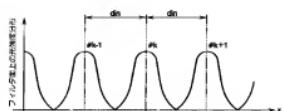
【図4-9】



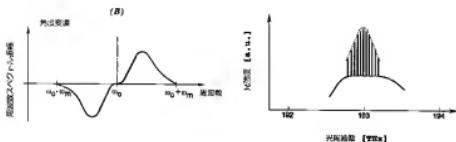
【図50】



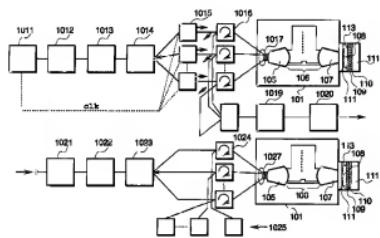
【図52】



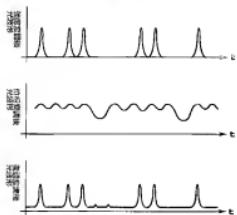
【図60】



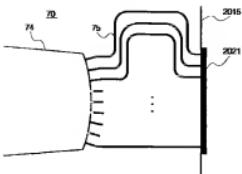
【図5.1】



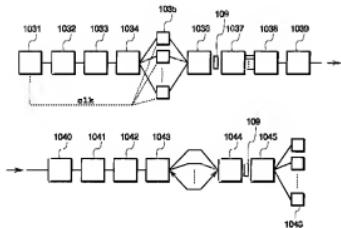
【図5.3】



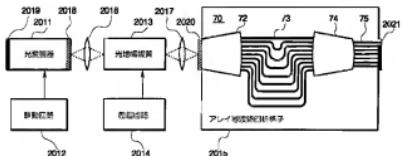
【図6.1】



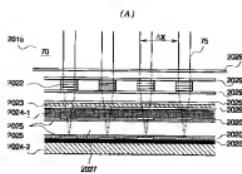
【図5.4】



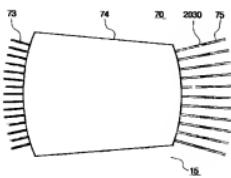
【図5.5】



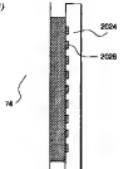
【図6.2】



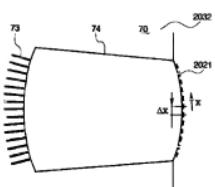
【図6.3】



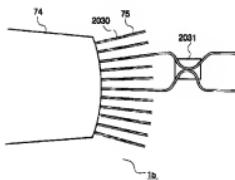
(B)



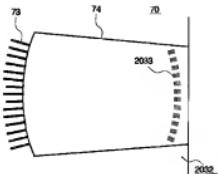
【図6.6】



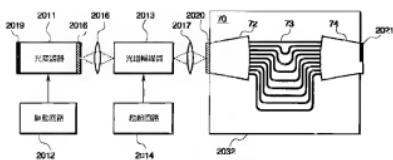
【図6.4】



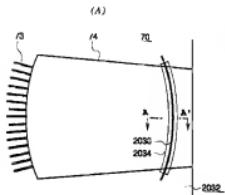
【図6.7】



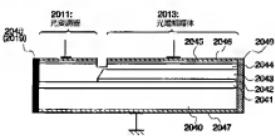
【图65】



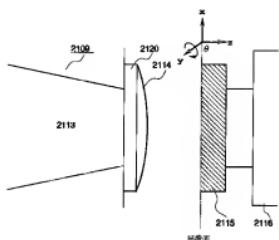
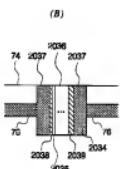
【图68】



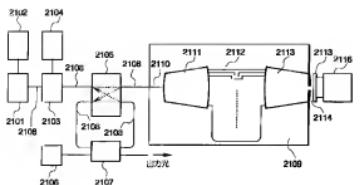
【图69】



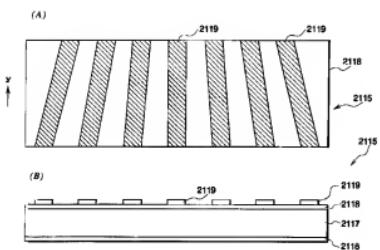
【图72】



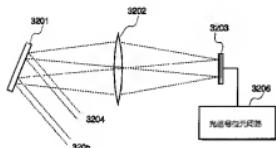
【図70】



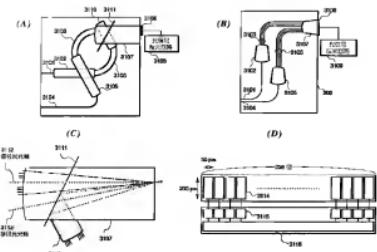
【図71】



【図74】



[图73]



フロントページの続き

(3)先進者番号	特許平9-58877	(7)発明者	長沼 和則
(2)発先日	平成9年3月13日(1997. 3. 13)	東京都新宿区西新宿3丁目19番2号	日本
(3)先進者主団名	日本 (J P)	電信電話株式会社内	
(3)先進者番号	特許平9-17496	(7)発明者	竹ノ内 弘和
(2)発先日	平成9年4月7日(1997. 7. 4)	東京都新宿区西新宿3丁目19番2号	日本
(3)先進者主団名	日本 (J P)	電信電話株式会社内	
(3)先進者番号	特許平9-19704	(7)発明者	石井 好洋
(2)発先日	平成9年7月25日(1997. 7. 25)	東京都新宿区西新宿3丁目19番2号	日本
(3)先進者主団名	日本 (J P)	電信電話株式会社内	
(7)発明者	岡本 順哉	F ターム(参考)	204AT KNA2 LK12 LA19 W05 Q02
			Q04 Q04 BA05 TA11
			5K002 A01 A03 B02 B04 B05
			B21 C01 C02 C03 C04
			D02 D05 E05 F01
東京都新宿区西新宿3丁目19番2号	日本		
電信電話株式会社内			